

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA ELEKTRONIKY A INFORMATIKY
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Výuková sada pro testování znalostí z oblasti biomedicíny
Learning set for knowledge testing in biomedicine

2018

Barbora Veselská

Zadání bakalářské práce

Student: **Barbora Veselská**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik
Téma: **Výuková sada pro testování znalostí z oblasti biomedicíny**
Learning Set for Knowledge Testing in Biomedicine
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor problematiky lidské kostry a vybraných částí lidské kostry.
2. Rozbor problematiky mikrokontroléru a periférií pro realizování výukové sady.
3. Návrh výukové sady a jejího řízení pro testování znalostí z oblasti biomedicíny, testující strukturu a uspořádání kostí částí lebky, dlaně se zápěstím, chodidla, kostry hrudníku.
4. Návrh řídicího systému s využitím mikroprocesoru, obsahující periférie, senzory a propojení s vyvinutou aplikací na PC pro vyhodnocování znalostí.
5. Realizace výukové sady a jejího řízení pro testování znalostí z oblasti biomedicíny.
6. Verifikace výukové sady.
7. Tvorba návodů a zadání pro výukové účely s výukovou sadou.
8. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] PETZOLD, Charles. *Programování Microsoft Windows Forms v jazyce C# [CD-ROM]*. Přeložil Karel VORÁČEK. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1058-3.
[2] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Macháček, Ph.D.**

Konzultant bakalářské práce: doc. Ing. Marek Penhaker, Ph.D.

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě dne: 30. 04. 2018



.....
podpis studenta

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Zdeňkovi Macháčkovi, Ph.D. za odbornou pomoc, přínosné připomínky a konzultace při vytváření této závěrečné bakalářské práce. Dále mé poděkování patří konzultantovi bakalářské práce doc. Ing. Marku Penhakerovi, Ph.D. za odborné a věcné konzultace.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací hardwarové i softwarové části výukové sady pro testování anatomických znalostí vybraných částí lidské kostry. Práce se zaměřuje na kosti horní končetiny, kosti chodidla, hrudní koš a na neurokraniální část lebky. Cílem práce je vytvoření sady komponentů kostí pro výuku, realizace řídicího systému a dále softwaru uživatelského rozhraní, se kterým bude student pracovat. Cílem práce je pomoc studentům při výuce anatomie lidské kostry, zpestření a usnadnění výuky. Dále aby si studenti mohli i prakticky vyzkoušet své znalosti z anatomie.

Klíčová slova

Výuková sada; anatomie kostí; kosti ruky; kosti chodidla; kosti hrudního koše; kosti lebky; mikrokontroler; mikroprocesor; řídicí systém; sériová linka

Abstract

This bachelor thesis deals with the design and realization of the hardware and software of the training set for testing the anatomical knowledge of selected parts of the human skeleton. The work focuses on the bones of the upper limb, the bones of the foot, the chest and the neurocranial part of the skull. The aim of the thesis is to create a set of bones components for teaching, implementation of the control system and the user interface software with which the student will work. The aim of the thesis is to help students to teach the human skeleton anatomy, diversifying and facilitating teaching. In addition, students could practice their knowledge of anatomy.

Key words

Training set; bone anatomy; bones of the hand; bones of the foot; thoracic bones; bones of the skull; microcontroller; microprocessor; control system; serial line

Obsah

Seznam ilustrací	- 9 -
Seznam tabulek	- 10 -
Seznam použitých zkratk.....	- 11 -
Seznam použitých symbolů.....	- 12 -
Úvod.....	- 13 -
1 Rozbor lidské kostry a vybraných částí lidské kostry	- 11 -
2.2 Rozbor kostí ruky	- 12 -
2.2.1 Kostí zápěstní	- 12 -
2.2.2 Kostí prstů ruky	- 15 -
2.3 Rozbor kostí nohy	- 15 -
2.3.1 Kostí zánártní	- 15 -
2.3.2 Popis kostí nártních	- 18 -
2.3.3 Popis kostí prstů nohy	- 18 -
2.4 Rozbor hrudního koše	- 19 -
2.4.1 Popis stavby žebra.....	- 19 -
2.5 Rozbor kostí lebky	- 20 -
2.5.1 Popis splanchnocrania	- 20 -
2.5.2 Popis neurocrania	- 21 -
2 Rozbor problematiky mikrokontrolerů a periférií pro realizování výukové sady	- 23 -
2.1 Mikrokontrolery	- 23 -
2.2 Řídící systém Arduino.....	- 23 -
2.3 Mikrokontroler Atmega328P	- 24 -
3 Návrh výukové sady a testující struktury a uspořádání kostí	- 25 -
3.1 Návrh komponentů pro výukovou sadu	- 25 -
4 Návrh řídicího systému a propojení s aplikací na PC.....	- 27 -
4.1 Návrh řídicího systému	- 27 -
4.2 Návrh aplikace na PC.....	- 28 -
4.3 Propojení řídicího systému s aplikací na PC	- 30 -
4.3.1 Sériová linka.....	- 30 -
4.3.2 Realizace komunikace mezi řídicím systémem a aplikací v PC	- 31 -
5 Realizace výukové sady a jejího řízení pro testování znalostí	- 35 -
5.1 Realizace řídicího systému.....	- 35 -
5.2.1 Realizace hardwarové části řídicího systému.....	- 35 -

5.2.2	Realizace softwarové části řídicího systému	- 36 -
5.2	Realizace aplikace na PC	- 38 -
8.3.1	Realizace kódu	- 38 -
8.3.2	Uživatelské rozhraní.....	- 39 -
5.3	Realizace výukové sady	- 41 -
Závěr	- 43 -
Citace	- 44 -

Seznam ilustrací

Obrázek 1.1:	Průřez kostí.....	- 11 -
Obrázek 1.2:	Kost loďkovitá, os scaphoideum	- 12 -
Obrázek 1.3:	Kost poloměsíčitá, os lunatum	- 13 -
Obrázek 1.4:	Kost trojhranná, os triquetrum.....	- 13 -
Obrázek 1.5:	Kost hráškovitá, os pisiforme	- 13 -
Obrázek 1.6:	Kost mnohohranná větší, os trapezium	- 14 -
Obrázek 1.7:	Kost mnohohranná menší, os trapezoideum.....	- 14 -
Obrázek 1.8:	Kost hlavatá, os capitatum	- 14 -
Obrázek 1.9:	Kost hákovitá, os hamatum	- 15 -
Obrázek 1.10:	Kost hlezenní, talus	- 16 -
Obrázek 1.11:	Kost patní, calcaneus.....	- 16 -
Obrázek 1.12:	Kost loďkovitá, os naviculare	- 17 -
Obrázek 1.13:	Kost klínovitá mediální	- 17 -
Obrázek 1.14:	Kost klínovitá střední	- 17 -
Obrázek 1.15:	Kost klínovitá laterální	- 18 -
Obrázek 1.16:	Kost krychlová, os cuboideum	- 18 -
Obrázek 1.17:	Kosti hrudního koše a jejich popis	- 19 -
Obrázek 1.18:	Kosti lebky a jejich popis	- 20 -
Obrázek 2.1:	Mikrokontroler Arduino UNO	- 24 -
Obrázek 2.2:	Mikrokontroler Atmega328P	- 24 -
Obrázek 3.1:	Blokové schéma výukové sady	- 25 -
Obrázek 4.1:	Vývojový diagram řídicího systému.....	- 27 -
Obrázek 4.2:	Use case diagram aplikace na PC.....	- 28 -
Obrázek 4.3:	Vývojový diagram aplikace na PC	- 29 -
Obrázek 4.4:	Class diagram aplikace na PC	- 30 -
Obrázek 4.5:	Část kódu řídicího systému pro komunikaci	- 31 -
Obrázek 4.6:	Část kódu aplikace pro komunikaci s řídicím systémem	- 32 -
Obrázek 4.7:	Odesílání dat identifikace řídicímu systému	- 33 -
Obrázek 4.8:	Komunikace řídicího systému	- 33 -
Obrázek 4.9:	Příjem identifikačních dat od řídicího systému.....	- 34 -
Obrázek 5.1:	Část schéma řídicího systému	- 35 -
Obrázek 5.2:	Řídicí systém.....	- 36 -
Obrázek 5.3:	Nadefinování analogových vstupů	- 37 -
Obrázek 5.4:	Měření odporů	- 37 -
Obrázek 5.5:	Odesílání dat z řídicího systému	- 37 -
Obrázek 5.6:	Připojení pomocí tlačítka	- 38 -
Obrázek 5.7:	Odpojení výukové sady	- 39 -
Obrázek 5.8:	Zobrazování dat.....	- 39 -
Obrázek 5.9:	Uživatelské rozhraní – port připojen, kosti nepřipojeny	- 40 -
Obrázek 5.10:	Uživatelské rozhraní – přiloženy všechny kosti.....	- 40 -
Obrázek 5.11:	Uživatelské rozhraní – kosti přiloženy na nesprávně	- 41 -
Obrázek 5.12:	Výuková sada	- 42 -

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Vypočtené hodnoty odporů	- 26 -
------------	--------------------------------	--------

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
MCU	Microcontroller
MIPS	Million instructions per second
CPU	Microprocessor
ID	Identification code
Tx	Transmitted
Rx	Received
DPS	Deska plošných spojů
A/D	Analog-to-digital converter
D/A	Digital-to-analog converter
ROM	Read-Only memory
EEPROM	Electrically erasable programmable read-only memory
USB	Universal serial bus
SMD	Surface mount device
IDE	Integrated development environment
COM	Communication port
LED	Light-Emitting Diode
CMD	Command Prompt

Seznam použitých symbolů

Symbol	Význam	Jednotka	Význam
U	Voltage, Napětí	[V]	Volt
R	Resistance, Odpor	[Ω]	Ohm
I	Current, Proud	[A]	Ampér
C	Capacity, Kapacita	[F]	Farad
f	Frequency, Frekvence	[Hz]	Hertz

Úvod

Na světovém trhu se můžeme setkat se spoustou učebních pomůcek pro výuku anatomie lidské kostry. Většinou to jsou však jen učebnice či statické modely kostí. Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací výukové sady vybraných částí lidské kostry. Součástí této výukové sady jsou nejen modely kostí, ale také aplikace pro ověření znalostí z této oblasti.

V první části práce se nachází teoretický rozbor. První kapitola je určena anatomickému rozboru lidského skeletu, především jejich vybraných částí. Práce se zaměřuje hlavně na kosti horní končetiny, kosti chodidla, hrudní koš a lebky. Z kostí horní končetiny jsou popsány články prstů (phalanges), karpální a metakarpální kosti. U chodidla práce popisuje opět články prstů, tarzální a metatarzální kosti. K hrudnímu koši patří rozbor sterna a dvanácti párů žeber. U lebečních kostí se práce zabývá zejména neurokraniální částí lebky, tedy tou, která chrání mozek. Dále teoretický rozbor řeší problematiku mikrokontrolerů a periférií důležitých pro realizaci výukové sady. V druhé kapitole je proto zařazen popis mikrokontrolerů a mikroprocesorů.

Další část této bakalářské práce se zabývá samotným návrhem a sestavením výukové sady. Třetí a čtvrtá kapitola je věnována návrhu výukové sady. V těchto kapitolách je uvedeno blokové schéma, výpočty potřebné k realizaci, či vývojové diagramy. Následná kapitola bakalářské práce je zaměřena již na samotnou realizaci jak hardwarové, tak softwarové části výukové sady. U realizace hardwaru se nachází mimo jiné podrobný popis použitých součástek potřebných pro konstrukci, dále také popis programového kódu pro funkci řídicího systému. Rovněž práce detailně popisuje software a jeho vytvoření, popis programového kódu či popis realizace a funkci uživatelského rozhraní.

Cílem mé bakalářské práce je usnadnění a zpestření výuky anatomie studentům, aby si mohli vyzkoušet své znalosti a prakticky i za pomoci vyvinuté počítačové aplikace. Díky aplikaci a celé sadě si mohou studenti ověřit své znalosti z anatomie lidského skeletu.

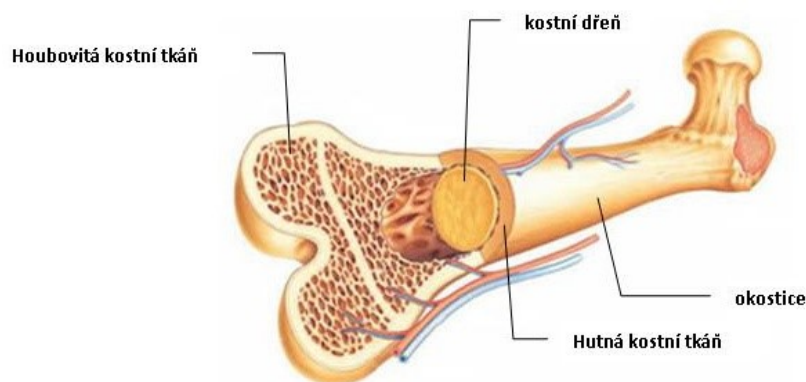
1 Rozbor lidské kostry a vybraných částí lidské kostry

Kosti, latinsky ossa, jsou oporou celého lidského těla a tvoří kostru, skeleton. S kostmi pohybuje síla zkracujících se měkkých svalů. Kosti se rozlišují podle velikosti a tvaru. Dělí se na kosti dlouhé, ossa longa, kosti krátké, ossa brevia a kosti ploché, ossa plana. Tato práce se zabývá kostmi krátkými a kostmi plochými. Dále se můžou kosti dělit podle osifikace čili podle vzniku kosti. Proces, při kterém vznikají kosti z vaziva, se nazývá desmogenní osifikace. Zde patří například lebka. Při nahrazení chrupavky kostní tkání se mluví o takzvané chondrogenní osifikaci. Kosti pneumatizované, ossa pneumatica, jsou takové, které jsou uvnitř vyplněny sliznicí a vzduchem a patří zde některé kosti lebeční.

Na povrchu kostí se popisují vyvýšeniny, prohlubeniny různého tvaru. Patří zde výběžky (processus), hřebeny (cristae), hrboły a hrbolky (tubera, tubercula), drsnatiny (tuberositates), hroty (spinae), jámy a jamky (fossae, foveae), zářezy (incisurae), žlábký (sulci), otvory (foramina), kanály a kanálky (canales, canaliculi), otisky okolních útvarů (impressiones), drsné čáry (lineae asperae), apofysy a další útvary.

Povrch každé kosti je pokryt okosticí neboli periostem, periosteum. V okostici se rozlišují dvě vrstvy, povrchová a hluboká vrstva. Povrchová, tedy fibrózní vrstva obsahuje mnoho cév a nervů. Ty vstupují z povrchové vrstvy do kosti přes otvůrky, foramina nutricia, nebo přes Haversovy kanálky. Hluboká vrstva neboli kambiová vrstva okostice obsahuje zejména buňky, které vytvářejí kostní tkáň. Tuto osteogenní schopnost vytvářet kostní tkáň mají takzvané osteoblasty.

Na řezu každé kosti jde vidět kostní tkáň hutní, substantia compacta, která vytváří povrchové vrstvy kosti. Dále je na průřezu patrná vnitřní vrstva tvořena houbovitou kostní tkání, substantia spongiosa, uložená v nitru kosti. [1]



Obrázek 1.1: Průřez kostí [4]

Kostru lidského těla rozdělujeme zpravidla na kostru hlavy, páteř, kostru hrudníku, dále na kostru dolní končetiny a kostru horní končetiny.

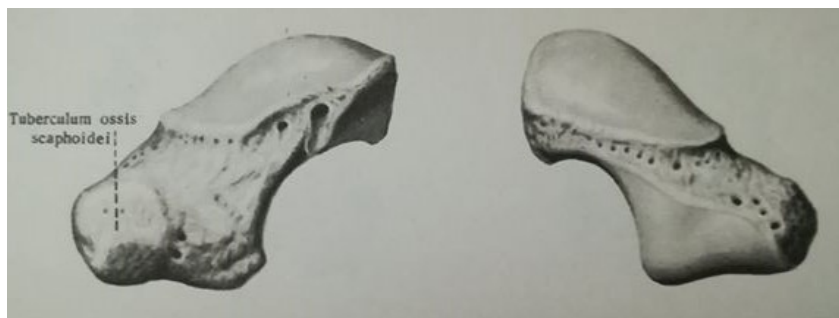
2.2 Rozbor kostí ruky

Kosti ruky, latinsky ossa manus, patří mezi kosti krátké a jsou součástí pletence horní končetiny. Na ruce rozlišujeme kosti zápěstní (ossa carpi), kosti záprstní (ossa metacarpi) a články prstů, ossa digitorum manus, čili phalanges.

2.2.1 Kosti zápěstní

Zápěstní kosti, latinsky ossa carpi, jsou seřazeny do dvou řad, a to do řady proximální a distální. První z nich, řada proximální, je přikládána k distálnímu konci kostí předloktí. V radioulnárním směru, tedy směrem od palce k malíčku, tvoří proximální řadu kost loďkovitá (os scaphoideum), kost poloměsíčitá (os lunatum), kost trojhranná (os triquetrum) a kost hrášková (os pisiforme). Druhou řadou je řada distální, která přiléhá ke kostem zaprstním, k metakarpům. Distální řada kostí zápěstních je tvořena kostí mnohohrannou větší (os trapezium), kostí mnohohrannou menší (os trapezoideum), kostí hlavatou (os capitatum) a kostí hráškovitou (os hamatum).

Kost loďkovitá, os scaphoideum, je někdy také nazývána jako kost člunkovitá. Nachází se v proximální řadě kostí zápěstních a je uložena laterárně v této řadě. Jedna z jejích stran má konkávní tvar. Na palmární ploše kůstky se vyskytuje hrbolek, tuberculum ossis scaphoidei. Dorsální plocha kosti přechází v kloubní plošku, která se přikládá k facies articularis carpea na kosti vřetení (radius). Mediodistální, již zmiňovaná, konkávní plocha se přikládá ke kosti hlavaté (os capitatum). Proximálně disponuje poloměsíčitou ploškou pro spojení se stejnojmennou kostí, os lunatum. Poslední kloubní spojení s kostí mnohohrannou větší, os trapezium, a kostí mnohohrannou menší, os trapezoideum, jsou umístěna laterodistálně. [1]



Obrázek 1.2: Kost loďkovitá, os scaphoideum [1]

Poloměsíčitá kost, os lunatum, se nachází ulárně os kosti loďkovité a z druhé strany je kost trojhranná. Konvexní plocha je uložena proximálně a je přiložena ke kosti vřetení (os radii). Dorsálně uložená ploška je konkávní a patří radiálně ke kosti hlavaté, os capitatum, a ulárně ke kosti hráškovité, os hamatum. Poloměsíčitá kloubní ploška je umístěna na laterální straně pro spojení s kostí loďkovitou, os scaphoideum. Na mediální straně je zase umístěna ploška pro spojení s kostí trojhrannou, os triquetrum. [1]



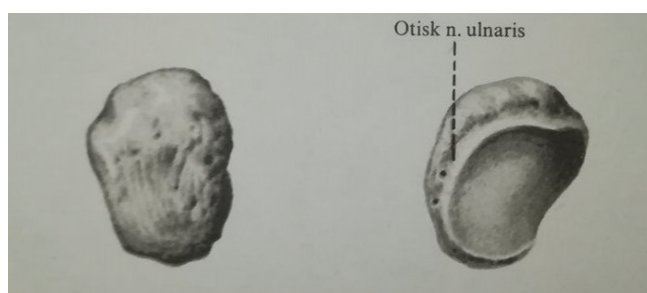
Obrázek 1.3: *Kost poloměsíčitá, os lunatum [1]*

Kost trojhranná, os pisiforme, je další z kůstek proximální řady zápěstních kůstek a je uložena mediálně. Plocha konvexního tvaru je na kůstce umístěna proximálně a je určena pro spojení s hlavicí kosti loketní (latinsky ulna). Laterální plocha je pro kost poloměsíčitou. Distálně se zde nachází prohnutá plocha pro spojení s kostí hákovitou, os hamatum. Poslední ploškou na kosti trojhrané je ploška umístěna palmárně a je pro kost hráškovitou. [1]



Obrázek 1.4: *Kost trojhranná, os triquetrum [1]*

Kost hráškovitá, os pisiforme, patří k sezamským kostem (os sesamoidea), to znamená, že je zavzata do šlachy. Tato kůstka má ovoidní tvar. Na os pisiforme je proximálně uložena malá kloubní plocha pro spojení s trojhranou kostí, čili s os triquetrum. [1]



Obrázek 1.5: *Kost hráškovitá, os pisiforme [1]*

Kost mnohohranná větší, os trapezium, patří mezi kůstky distální řady a je umístěna laterálně. Na kůstce se distálně nachází sedlovitá kloubní plocha pro spojení s první kostí záprstní. Na os trapezium jsou také umístěny dvě plochy, větší je proximální pro spojení s os trapezoidem a menší ploška je distální pro skloubení s druhou kostí záprstní. Menší hrbolek, tuberculum ossis trapezii, je umístěn na okraji dlaňové plochy kosti. Kousek od hrbolku je rýha od šlachy. Pro spojení s kostí loďkovitou je zde ploška na proximální straně. [1]



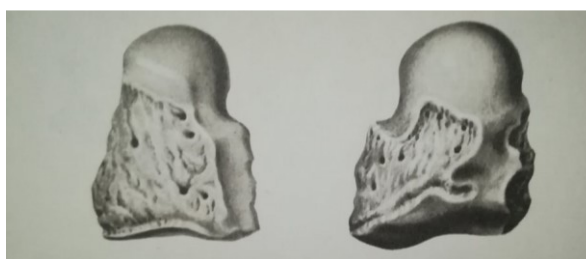
Obrázek 1.6: : *Kost mnohohranná větší, os trapezium [1]*

Kost mnohohranná menší, os trapezoideum, se nachází mediálně od os trapezium. Kůstka má stříškovitou kloubní plochu pro skloubení s druhou kostí záprstní. Pro spojení s loďkovitou kostí je plocha konkávního tvaru umístěna proximálně. Druhá konkávní plocha je mediálně pro spojení s kostí hlavatou. Spojení s kostí mnohohrannou větší je zajištěno laterálně položenou konvexní plochou. [1]



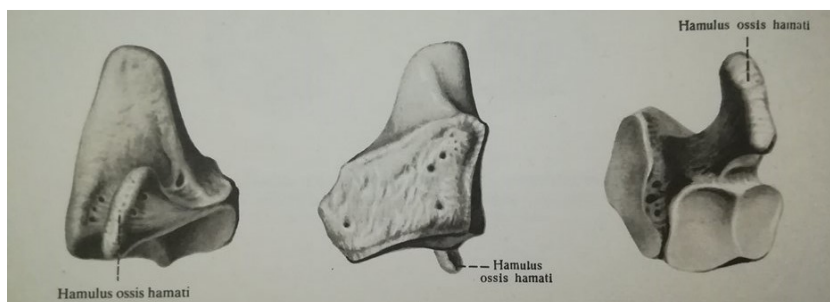
Obrázek 1.7: *Kost mnohohranná menší, os trapezoideum [1]*

Největší kostí ze zápěstních kůstek je kost hlavatá, os capitatum. Caput ossis capitati je hlavice kosti hlavaté, která je proximálně. Na objemnější části kosti je mediálně kloubní plocha pro spojení s kostí hákovitou a laterálně konvexní plochu pro spojení s kostí mnohohrannou menší. Ke třetí kosti záprstní se přikládá rovná kloubní plocha, umístěna distálně. U okrajů této plochy jsou další dvě úzké plochy ke spojení s druhou a čtvrtou kostí záprstní. [1]



Obrázek 1.8: *Kost hlavatá, os capitatum [1]*

Poslední zápěstní kůstkou je kost hákovitá, latinsky os hamatum, která také uzavírá distální řadu kůstek. Hamulus ossis hamati je hákovitý výběžek, lehce ohnutý, vybíhající do dlaně. Konvexní ploška je mediálně pro spojení s kostí trojhrannou. Dvě kloubní plošky se nachází distálně a slouží pro skloubení se čtvrtou a pátou záprstní kůstkou. Další, proximální ploška je ke kosti poloměsíčitě a hlavaté. [1]



Obrázek 1.9: *Kost hákovitá, os hamatum [1]*

Kosti záprstní, latinsky ossa metacarpi, jsou číslovány vždy od laterální po mediální okraj ruky, směrem radioulnárním, tedy směrem od palce k malíčku. Záprstní kůstky se skládají vždy z těla, corpus a dvou konců, proximálního, nazývaného také basis, a distálního. Na každém těle všech záprstních kůstek jsou umístěny tři plochy a to radiální, ulnární a dorsální. Těla metakarpálních kůstek jsou lehce prohnutá dorsálně. Na tělech se nachází foramen nutricium, který následně přechází do canalis trucijs. Na proximálních koncích záprstních kůstek se nachází kloubní plochy pro spojení se sousedními záprstními kostmi a pro skloubení s proximální řadou zápěstních kostí. Třetí kost záprstní má výběžek vyčníhající z base processus styloideus. Distální konec záprstních kostí je tvořen hlavicí kulovitého tvaru, caput, která je spojena s konci článků prstů přes zdrsnatělé strany a kloubní plochy. Místa mezi kostmi záprstními, ossa metacarpi, se nazývají spatia interossea metacarpi. [1]

2.2.2 Kosti prstů ruky

Kosti prstů ruky, ossa digitorum manus, označovány také jako články prstů, phalanges. Prsty se skládají ze tří kostí, a to z phalanx proximalis, phalanx media a phalanx distalis. Jen palec má pouze dva krajní články phalanx proximalis a phalanx distalis. I zde se, jako u metakarpálních kůstek, rozlišují dva konce, distální a proximální a tělo, corpus. Také zde je na oploštěných tělech kostí umístěn foramen nutricium, na která navazuje canalis nutricius. V okolí článků prstů se mohou nacházet sezamkové kůstky, a to ve šlachách flexorů na palmární straně. [1]

2.3 Rozbor kostí nohy

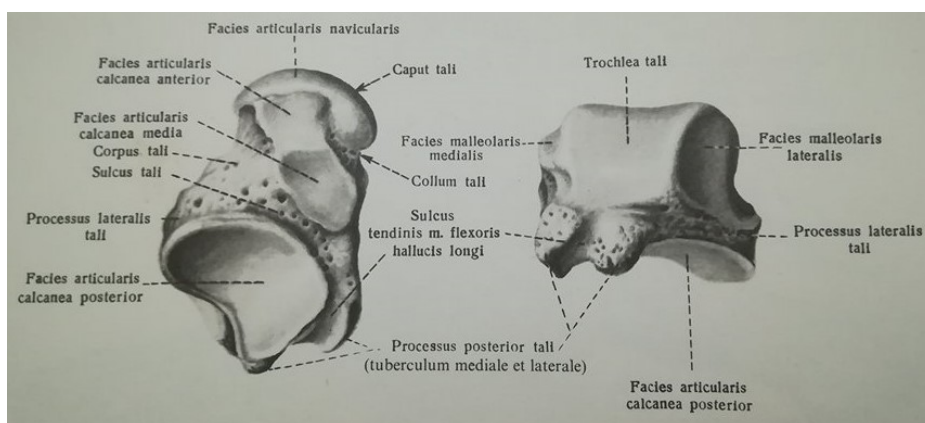
Kosti nohy, latinsky ossa pedis, patří mezi kosti krátké a jsou součástí dolní končetiny. Nohu tvoří sedm kostí zánártních (ossa tarsi), pět kostí nártních (ossa metatarsalia) a články prstů nohy (ossa digitorum pedis s. phalanges digitorum pedis).

2.3.1 Kosti zánártní

Kosti zánártní, latinsky ossa tarsi, jsou také rozděleny do dvou skupin, a to do skupiny proximální a distální. Do první skupiny se řadí pouze dvě ze sedmi kostí, a to kost hlezenní (talus) a kost patní (calcaneus). Do druhé, distální skupiny kostí je zařazena kost loďkovitá (os naviculare), kost krychlová (cuboideum) a tři kosti klínové (os cuneiforme mediale, os cuneiforme intermedium a os cuneiforme laterale). Zánártní kosti se kloubně spojují s kostmi metatarsálními a z druhé strany s pomocí kosti hlezenní s kostmi bérce.

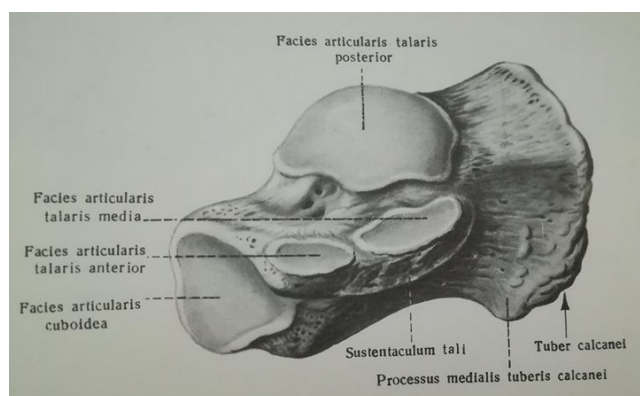
Kost hlezenní, latinsky talus, je druhou největší kůstkou ze zánártních kostí. Spolu s lýtkovou a holenní kostí tvoří hlezenní kloub. Je tedy jedinou kostí, která je v kontaktu s kostmi bérce. Kost je tvořena tělem, corpus tali, které přechází přes krček, collum tali, do hlavy kosti hlezenní, caput tali. Na hlavici

kosti hlezenní se nachází kulovitá styčná plocha, *facies articularis navicularis*, pro spojení s kostí loďkovitou. Kloubní kladka kosti, *trochlea tali*, se nachází na vrchní straně kosti hlezenní. Horní ploška kladky, *facies superior*, je v kontaktu se styčnou plochou kosti holenní a je příčně konkávní a sagitálně konvexní. Zevní a vnitřní kotník tvoří styčné plošky na bocích kladky. Patří sem plocha trojúhelníková, *facies malleolaris lateralis*, a plocha poloměsíčitá, *facies malleolaris medialis*. Trojúhelníková plocha přechází do výběžku kosti, *processus lateralis tali*. Od těla kosti vybíhá výběžek *processus posterior tali*, na kterém se nachází svislý žlábek. Tento žlábek je mezi dvěma hrboly, *tuberculum laterale* a *tuberculum mediale*. Může se stát, že laterální hrbol osifikuje samostatně a oddělí se od kosti hlezenní. Tato kost se pak nazývá *os trigonum*. Kost hlezenní se dále spojuje s kostí patní přes tři plochy, *facies articularis calcanea anterior*, *facies articularis calcanea media* a *facies articularis calcanea posterior*. [1]



Obrázek 1.10: *Kost hlezenní, talus [1]*

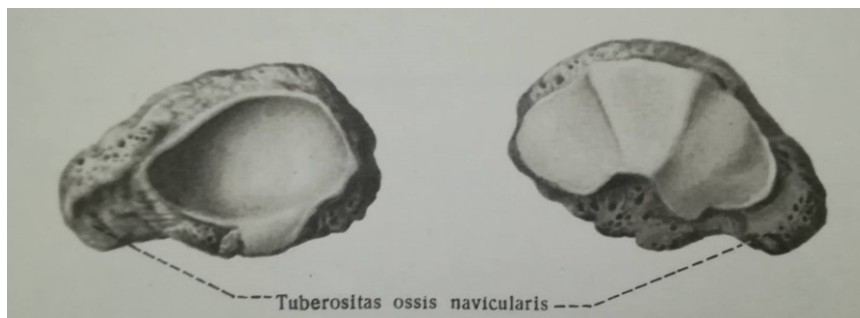
Kost patní, latinsky *calcaneus*, přiléhá ke kosti hlezenní a v přední části ke kosti krychlové. U zadní části kosti patní se nachází Achillova šlacha. Na zadní části má kost hrbol, *tuber calcanei*, který je tvořen dalšími dvěma hrbolky, a to *processus lateralis* a *processus medialis tuberis calcanei*. Pro spojení s kostí hlezenní je doprostřed kosti umístěna velká konvexní plocha, *facies articularis talaris posterior*. Další plochy pro spojení s kostí hlezenní jsou *facies articularis talaris media* a *facies articularis talaris anterior*. Pro spojení s kostí krychlovou se na přední straně nachází sedlovitá styčná plocha, *facies articularis cuboidea*. [1]



Obrázek 1.11: *Kost patní, calcaneus [1]*

Kost loďkovitá, *os naviculare*, je první ze zánártních kostí tvořících distální řadu a nachází se na vnitřní straně nohy. Horní strana kosti je vypouklá, jinak je kost loďkovitá předozadně oploštělá. Pro spojení

s kostmi klínovými se na přední straně nachází styčná plocha, která je rozdělena do tří faset pro jednotlivé kosti klínové. Konkávní jamka pro skloubení s kostí hlezenní je uložena na zadní straně kosti loďkovité. Pro skloubení s kostí krychlovou je kloubní ploška na laterální straně kosti. Pod kůží můžeme nahmatat vypouklou drsnatinu, *tuberositas ossis navicularis*, která je také znázorněna na obrázku 4.5. [1]



Obrázek 1.12: *Kost loďkovitá, os naviculare [1]*

Mezi kosti klínové, ossa cuneiformia, patří tři kůstky, a to os cuneiforme mediale (Obr. 1.13), os cuneiforme intermedium (Obr. 1.14) a os cuneiforme laterale (Obr. 1.15). Klínové kosti jsou uloženy před loďkovitou kostí. Konce všech tří kostí však nejsou v jedné rovině, vzhledem k tomu, že střední klínovitá kost je kratší, než zbylé dvě. Kosti klínové se spojují s nártními kůstkami pomocí styčných plošek na distální straně.

Mediální kost klínovitá, os cuneiforme mediale, se spojuje s druhou kostí nártní přes malou styčnou plošku a se střední kostí klínovitou přes trojčípou plochu.



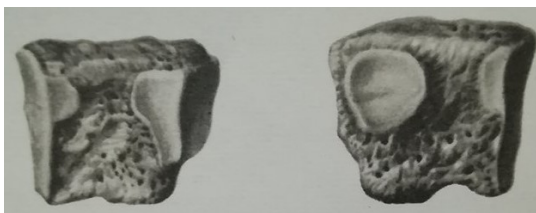
Obrázek 1.13: *Kost klínovitá mediální [1]*

Kost klínovitá střední, os cuneiforme intermedium, je menší než klínové kosti mediální a laterální. Obsahuje dvě styčné plochy, a to pro skloubení se zbylými klínovými kostmi.



Obrázek 1.14: *Kost klínovitá střední [1]*

Kost klínovitá laterální, *os cuneiforme laterale*, je poslední ze tří klínovitých kostí. Na laterální straně kosti je umístěna plocha pro spojení s kostí krychlovou. Dále obsahuje úzkou plochu pro skloubení s druhou nártní kostí a styčnou plošku pro klínovitou kost střední. [1]



Obrázek 1.15: *Kost klínovitá laterální [1]*

Kost krychlová, *os cuboideum*, se dotýká kosti patní, kosti klínovité laterální a čtvrté a páté kosti nártní. Pro skloubení s nártními kostmi je na distální straně kosti krychleové umístěna kloubí ploška která je rozdělena pomocí hrany na dvě fasety. Na své zadní straně se spojuje s kostí patní přes styčnou plošku. Na laterální straně krychleové kosti se nachází rýha, kterou prochází šlacha, *sulcus tendinis m. personei longi*. Za touto rýhou vyčnívá hrbolek *tuberositas ossis cuboidei*. [1]



Obrázek 1.16: *Kost krychlová, os cuboideum [1]*

2.3.2 Popis kostí nártních

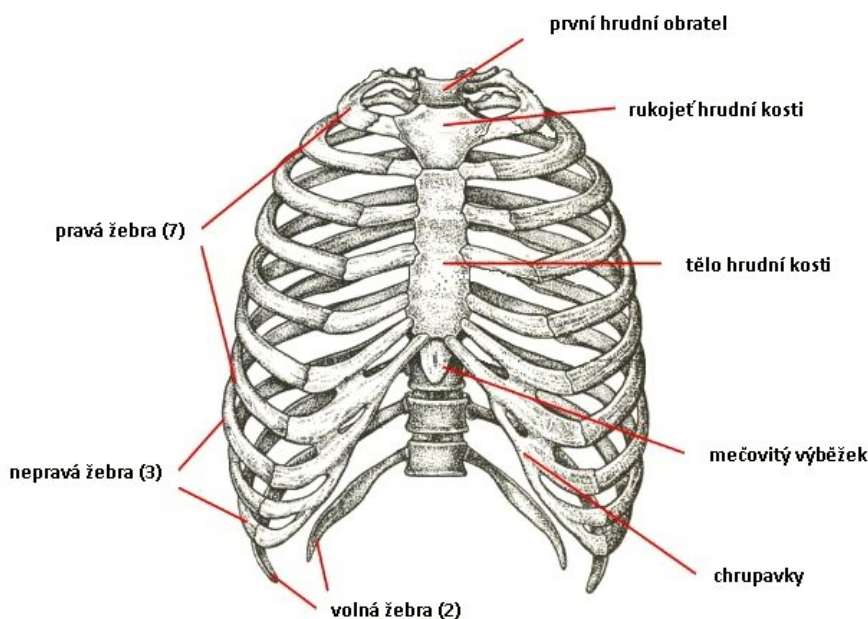
Kosti nártní, latinsky *ossa metatarsi*, navazují na kosti zánártní a přechází v články prstů. Nártních kostí je pět a označují se jako 1. až 5. kost nártní, a to opět směrem od palce k malíku. Dále se všechny nártní kosti rozdělují na tři části. Širší proximální část je *base (basis)*, střední část protáhlá a užší je *tělo (corpus)* a na tělo kosti přilehlá je *hlavice (caput)*. Metatarsální kosti jsou trojboké. První z nártních kostí, tedy u palce, je kratší, ale za to silnější než ostatní. Zatímco tělo druhé nártní kůstky je nejdelší. Po bocích basí se nachází styčké plochy pro vzájemné spojení nártních kostí. Proximálně na basi je plocha pro skloubení s danou kostí zánártní. Base je nejširší částí kosti. Na basi první a páté nártní kosti se nachází drsnatina *tuberositas ossis metatarsalis I.* a *tuberositas ossis metatarsalis V.* Na bocích hlavice palcové kosti nártní se nachází hladké plochy pro dvě sezamské kůstky, *ossa sesamoidea*. V oblasti palce se nachází ještě jedna sezamská kůstka, a to v oblasti mezičlánekové. Nártní kosti mají své hlavice ploché a jsou na nich umístěny plochy pro spojení s určitými články prstů. [1]

2.3.3 Popis kostí prstů nohy

Kosti prstů nohy, *ossa digitorum pedis*, se skládají z článků, *phalanges*. S kostmi prstů nohy to je stejné, jako s kostmi prstů ruky. Všechny prsty kromě palce mají tři články, palec pouze dva. Články se skládají z hlavice (*caput*), těla (*corpus*) a rozšířeného konce *base (basis)*. Drsnatina, *tuberositas phalangis distalis*, je umístěna na nehtovém článku prstů. Plochy hlavice prostředního a proximálního článku mají tvar kladky. [1]

2.4 Rozbor hrudního koše

Žebra, latinsky costae, jsou oploštěné zahnuté kosti, které jsou umístěny po obou stranách hrudní páteře a hrudní kosti tak, aby chránili důležité orgány. Člověk má 12 párů žebel. Značí se jako 1. až 12. žebro směrem shora dolů. Žebra dělíme do 3 skupin. Jako žebra pravá, costae verae, označujeme prvních 7 párů žebel. Tato první skupina žebel je skloubená za pomoci chrupavky s hrudní kostí, proto se jmenují žebra pravá. Žebra nepravá, costae spuriae, jsou druhou skupinou žebel a patří sem 8. až 10. pár žebel. Tato žebra jsou sice také spojena chrupavkou, ale pouze k chrupavkám žebel předchozích. Poslední skupinou jsou žebra volná, costae fluctuantes, někdy také nazývané jako costae liberae. Mezi žebra volná patří poslední dva páry, tedy 11. a 12. pár. Tato žebra nejsou spojena chrupavkou, avšak volně ve svalech stěny břišní. [1], [2]



Obrázek 1.17: *Kosti hrudního koše a jejich popis [2]*

2.4.1 Popis stavby žebra

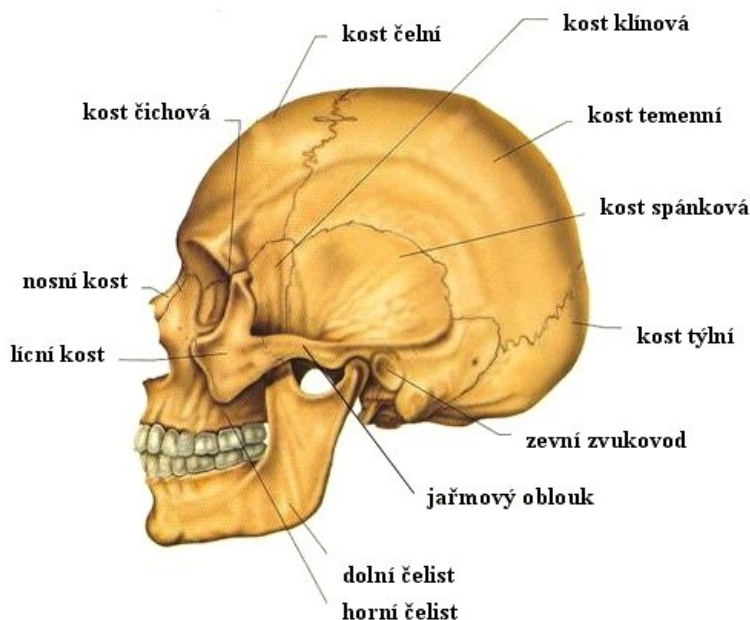
Na žebro rozeznáváme tři části, a to hlavice žebra (caput costae), krček (collum costae), a tělo (corpus costae). Hlavici popisujeme na straně žebra přilehlé k páteři. Na hlavici je umístěna styčná plocha, facies articularis capitis costae, která je přikryta chrupavkou. Na 2. až 10. žebro je tato plocha rozdělena pomocí horizontální hrany, crista capitis costae, na horní a dolní fasety, které se spojují se dvěma sousedními obratli. [1]

Nejužší částí žebra je krček, collum costae. U přechodu krčku v tělo je na 1. až 10. páru hrbolek, tuberculi costae. Tento hrbolek se pomocí kloubní plochy, facies articularis tuberculi costae, spojuje s hrudními obratli. Na vrchním okraji žebra přechází v ostřejší hranu, crista colli costae. Tato hrana se však nenachází na 1. a 12. žebro. [1]

Nejdelší je tělo žebra, corpus costae. Tělo je oploštělé, rozeznávají se na něm tedy dvě plochy, a to zevní konvexní a vnitřní konkávní. Spodní hrana žebra je ostrá a nachází se na něm rýha, sulcus costae, ve které jsou uloženy cévy a nervy. Tělo žebra se v určitém místě zahýbá, v tomto místě nám tedy vzniká úhel žebra, angulus costae. Úhel žebra se nachází na každém žebro, kromě posledního 12. žebra. [1]

2.5 Rozbor kostí lebky

Lebka, latinsky cranium, je složena celkem z 22 kostí. Kostí lebky se řadí mezi ploché kosti. Lebka se dělí na obličejovou část (splanchnocranium) a část mozkovou (neurocranium). Mozková část slouží zejména k ochraně nejdůležitějšího orgánu a to mozku. Obličejová část obklopuje smyslové orgány. [1], [3]



Obrázek 1.18: *Kosti lebky a jejich popis [3]*

2.5.1 Popis splanchnocrania

Splanchnocranium, tedy obličejová část lebky, se skládá hlavně z párových kostí a jedné nepárové. Mezi párové kosti se řadí horní čelist (maxilla), lícní kost (os zygomaticum), nosí kost (os nasale), slzní kost (os lacrimale) a patrová kost (os palatinum). Nepárovou kostí je dolní čelist (mandibula).

Horní čelist, latinsky maxila, se dělí celkem na 4 části, tělo horní čelisti (corpus maxillae), frontálního výběžku (processus frontalis), lícního výběžku (processus zygomaticus) a patrového výběžku (processus palatinus). Tělo horní čelisti se dále dělí na tvářovou plochu (facies interior), dorsální plochu (facies infratemporalis), orbitální plochu (facies orbitalis) a nosní plochu (facies nasalis). Facies anterior tvoří spodní kraj očníce. Dále přechází koudálně ve výběžek, processus alveolaris, na kterém jsou uložena lůžka pro zuby. Na facies infratemporalis se nacházejí kanálky s nervy a cévami, které zásobují zuby. Také se zde nachází hrbol, tuber maxille. Facies orbitalis se spojuje s kostí lícní, čichovou a slzní. Na této ploše také začíná kanálek sulcus infraorbitalis. Facies nasalis je plocha, která je součástí nosu. Horní čelist, tedy maxila, patří také mezi kosti lebky, které jsou pneumatizované. [1]

Kosti lícní, latinsky os zygomaticum, je další párovou kostí lebky. Tato párová kost je součástí jařmového oblouku, arcus zygomaticus. Lícní kost se skládá z těla (corpus) a dalších třech výběžků, a to z frontálního výběžku (processus frontalis), výběžku horní čelisti (processus maxillaris) a temporálního výběžku (processus temporalis). [1]

Patrová kost, os palatinum, je také párovou kostí obličejové části lebky. Kost patrová se skládá ze dvou lamel, které na sebe přiléhají a tvoří tak písmeno L. První z lamel je horizontální, proto nese latinský název lamina horizontalis. Na této lamele se nachází šev, sutura palatina transversa, který slouží ke spojení s horní čelistí. Dalším útvarem na lamele je vyvýšenina, crista nasalis, který spojuje obě patrové kosti. Dále se zde nachází malý a velký otvor, foramen palatina minora a foramen palatinum majus. Druhou lamelou je lamina perpendicularis, která je vertikální. Tato lamela se připojuje ke skořepám nosním. [1]

Kost nosní, os nasale, je další z lebečních kostí. Tato kost obsahuje na přední straně větší množství otvorů, foramina nasalis. Těmito otvory procházejí cévy a nervy zásobující nos. Laterálně se kost spojuje s frontálním výběžkem horní čelisti. Spojení s čelní kostí zajišťuje horní okraj kosti nosní. Zadní strana kosti obsahuje kanálek, kterým prochází nerv, sulcus ethmoidalis. Uvnitř kostí je šev, sutura internasalis. Kost nosní je také jedním ze znaků, jak rozeznat pohlaví podle lebky. [1]

Kost slzní, latinsky os lacrimale je poslední párovou kostí obličejové části lebky. Do této kosti je otisknut slzní váček, fossa saci lacrimalis. Přes tento váček běží slzní kanálek, kterým vede slzovod. Kaudálně se tato kost spojuje s horní čelistí, dorzálně s čichovou kostí a kraniálně se stýká s kostí čelní. [1]

Dolní čelist, latinsky mandibula, je nepárovou kostí obličejové části lebky. Tato nepárová kost se skládá ze dvou ramen (rami mandibulae), mezi kterými je tělo dolní čelisti (corpus mandibulae). Ramena jsou zakončena dvěma výběžky, processus condylaris a processus coronoideus. Dále se na ramenách mandibuly nachází otvor, foramen mandibulae. Dalším útvarem je kanálek, canalis mandibulae, kterým procházejí cévy a nerv, který inervuje zuby. Na vnější straně dolní čelisti se také nachází drsnatina, tuberositas masseterica. [1]

2.5.2 Popis neurocrania

Mozková část lebky, neurocranium, je složena z plochých kostí a vytváří ochranné pouzdro pro mozek. Součástí mozkové části jsou tyto kosti: kost týlní (os occipitale), kost klínová (os sphenoidale), kost čelní (os frontale), párová kost temenní (os parietale), párová kost spánková (os temporale) a kost čichová (os ethmoidale).

Kost čelní, latinsky os frontale, tedy frontální kost, se nachází pod čelem, proto název čelní kost. Zajímavostí je, že po narození je kost párová, s dospíváním však kost sroste. Čelní kost se skládá ze tří hlavních částí, a to ze šupiny kosti čelní (squama frontalis), části očních (partes orbitales) a z části nosní (pars nasalis). Součástí šupiny kosti čelní jsou párové hrboly, tubera frontalia, kde se šupina zakřivuje. Nad očima jsou umístěny na šupině oblouky, arcus superciliares. Glabella je ploché místo mezi oblouky. Krajem očníce je pak margo supraorbitalis. Uprostřed šupiny je pak patrná hrana, crista frontalis. Na druhé části kosti čelní, tedy na partes orbitales, je umístěna jamka pro slzní žlázy, fossa glandulae lacrimalis. Další jamkou na očních částech je fossa trochlearis, která je určena pro uložení chrupavčité kladky. Poslední částí kosti čelní je pars nasalis. V této části se nachází dutý otvor, sinus frontalis. [1]

Kost týlní, latinsky os occipitale, je zadní část mozkovny a je součástí spodiny lebeční. Nejdůležitější částí týlní kosti je velký otvor, foramen magnum. Tímto otvorem totiž prochází prodloužení mícha. Základními částmi týlní kosti jsou boční části kosti (partes laterales ossis occipitalis), tělo kosti týlní (pars basilaris ossis occipitalis) a šupina kosti (squama ossis occipitalis). Všechny tyto části obklopují

již zmíněný foramen magnum. Tělo kosti týlní, pars basilaris, se spojuje s kostí klínovou. Na těle kosti se nachází malý hrbol, tuberculum pharyngeum, který je připojen k hltanu. Partes laterales, boční části kosti týlní, jsou párové. Nachází se zde párové vyvýšeniny, condyli occipitales, přes které běží XII. Hlavový nerv. Další důležitou částí je kanál, canalis condylaris, ve kterém se nachází spojení žil. Nachází se zde také výběžky processus jugularis a processus intrajugularis. Poslední část, šupina kosti týlní, se dělí podle vzniku, a to na chondrogenně osifikovanou a desmogenně osifikovanou. Na desmogenní části se nachází hmatatelný hrbol, protuberantia occipitalis externa. Na chondrogenně osifikované části je naopak hrbol protuberantia occipitalis interna. [1]

Kost klínová, latinsky os sphenoidale, je součástí neurocrania a tvoří stře base lebeční. Kost klínová je složena z těla (corpus ossis sphenoidalis), malých křídel (alea minores ossis sphenoidalis), velkých křídel (alae majores ossis sphenoidalis) a z křídlových výběžků (processus pterygoidei). Tělo kosti klínové je spojeno s týlní kostí pomocí synchodrosis sphenoccipitalis. Na těle se nachází místo pro uložení hypofýzy, je to jamka s názvem fossa hypophysialis. Dalším důležitým útvarem na těle kosti klínové je canalis opticus, kanál, ve kterém probíhají nervy a cévy. Malá křídla kosti lebeční jsou trojúhelníkového tvaru a jsou spojena s kostí čichovou a čelní. Velká křídla na sobě nesou plochu dotýkající se dutiny lebeční facies cerebialis, do které se obtiskují mozkové závitky. Facies temporalis je pak plocha, která se spojuje se spánkovou kostí. Důležitou částí křídel je pak štěrbina fisura orbitalis superior, kterou procházejí nervy. Křídlové výběžky obsahují dvě vertikální lamely, a to lamina lateralis a lamina medialis. [1]

Spánková kost, os temporale, je párovou kostí. Skládá se ze samostatně osifikujících částí, které poté srůstají do jednoho celku, Těmito částmi jsou šupinová část, skalní část a bubínková část kosti spánkové. Nejdůležitější částí spánkových kostí je kost skalní, které se také říká pyramida, os petrosum. Tato pyramidová kost má 4 stěny a uvnitř obsahuje kostěnný labyrint, labyrinthus osseus. V tomto labyrintu jsou umístěny smyslová ústrojí rovnováhy a sluchu. Na vrcholu pyramidy se nachází hrot nazývaný apex pyramidis, který je spojen s kostí týlní a klínovou. [1]

Další párovou kostí mozkové části lebky je kost temenní, latinsky os parietale. Pomocí švů se temenní kost spojuje okolními kostmi, přesněji pomocí korunového švu (sutura coronalis) s frontální kostí, přes šípový šev (sutura sagittalis) s temenní kostí. Dále je spojen s kostí týlní pomocí lambdového švu (sutura lambdoidea) a s kostí spánkovou přes šupinový šev (sutura squamosa). [1]

Čichová kost, os ethmoidale, je poslední nepárovou kostí neurocrania. Kost je hranicí mezi dutinou nosní a dutinou lebeční. Čichová kost má 3 důležité části. 2 ploténky, lamina perpendicularis a lamina cribrosa, třetí částí je labyrint, labyrinthi ethmoidales. [1]

2 Rozbor problematiky mikrokontrolerů a periférií pro realizování výukové sady

2.1 Mikrokontrolery

Mikrokontroler neboli jednočipový počítač, má zkratku MCU z anglického microcontroller, je libovolně programovatelné zařízení. Jedná se o spojení několika elektrických součástek, které tvoří takzvaný integrovaný obvod, tedy jedno funkční zařízení. Mikrokontrolery, nebo také jednočipové mikropočítače slouží nejčastěji pro software jako řídicí či monitorovací systém. Nejdůležitější součástí jednočipového mikropočítače je vlastní mikroprocesor. Mikroprocesor, zkratka CPU, je programovatelné zařízení miniaturních rozměrů, které pracuje tak, že neustále zpracovává v něm, nebo ve vnější paměti uložený programovací kód. Po přijetí dat tato data zpracuje podle příkazů uložených v paměti. Výsledek zpracovaných dat zobrazí na výstupu. Dále je zde vložena již zmiňovaná pevná paměť pro uložení řídicího programu, operační paměť. Pro řízení periférií mikrokontroler obsahuje například A/D a D/A převodník, sériové rozhraní či časovač pro synchronizaci s vnějšími programy.

Řídicí mikroprocesor pracuje na taktovací frekvenci, která může dosahovat maximální hodnoty až 24 MHz. Danou frekvenci, na které mikroprocesor běží, udává oscilátor tvořený krystalem nebo například RC členem. Aby mikroprocesor pracoval tak, jak vyžadujeme, je potřeba do procesoru naprogramovat funkční program pomocí programovacího jazyka, který je určen danému procesoru. Pro programování mikroprocesorů se využívá jazyk symbolických adres. U jazyka symbolických adres se můžeme setkat také s názvem assembler. Pro uložení řídicího programu slouží kódová paměť. Typy paměti programu mohou být EPROM, ROM, nebo také Flash paměť.

2.2 Řídicí systém Arduino

Arduino je vývojová deska, přes kterou se mohou řídit různá zařízení. Arduino je nejpoužívanější a velmi rozšířený řídicí systém, který se vyrábí v několika variantách jako je Arduino UNO, Nano, Micru, DUE a další. Vývojová deska byla vytvořena pro účel zjednodušeného přiblížení problematiky mikrokontrolerů i méně zkušeným uživatelům. Každý typ desky má různé počty pinů, typy procesorů, rozměry, možnosti napájení a mnoho dalšího. Většina desek už přímo obsahuje sériový převodník pro spojení platformy s počítačem a také jeho naprogramování či komunikaci. Nejrozšířenějším procesorem je Atmega328, která je používána na velké většině typů desek. Například vývojová deska Arduino UNO dokonce umožňuje po naprogramování čip z desky vyjmout a použít ho samostatně pouze s několika součástkami a osadit desku novým čipem. Některé desky využívají výkonnějšího procesoru, a tedy i vyšší taktovací frekvence, než jaký je běžně používaný, tedy frekvenci 16 MHz. Tato hodnota se používá u nejvyužívanějších typů jako je Arduino UNO, Nano, Mini a dalších typů zařízení. Každá deska obsahuje indikační diodu, která je připojena na napájení a signalizuje tak chod desky. Druhá dioda je připojena na pin označený číslem 13, který slouží zejména k otestování desky prvním programem. Tuto diodu je možné využívat během programu také k jakékoliv indikaci. Dále jsou některé desky vybaveny dalšími LED diodami signalizující datový tok po sériové lince. Platformy Arduino nejběžněji pracují s napětím 3,3V a 5V. To záleží na typu vývojové desky. Některé platformy obsahují stabilizátory napětí, na vstupy je tedy možné přivádět vyšší napětí. [5]

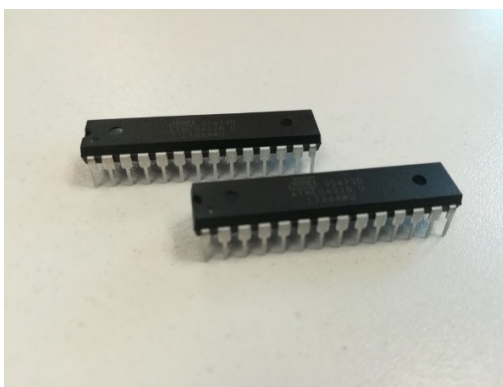
Vývojová deska Arduino UNO je velmi používaným a známým řídicím systémem. Součástí bakalářské práce je vlastní realizace řídicího systému. Pro srovnání je tedy důležitý i popis již existujícího systému. Na desce Arduino UNO se samozřejmě nachází sériový převodník a USB port. Využívá vyjímatelný čip ATmega328 s taktovací frekvencí 16 MHz. Dále také obsahuje napájecí konektor pro vstupní napájecí napětí, ideálně v rozsahu 9 V až 12 V. Toto napětí je však stabilizováno pouze na 5 V. Vstupní napájení může být samozřejmě vyšší, ale kvůli nadměrného ohřevu stabilizátoru se nedoporučuje jeho používání. [5]



Obrázek 2.1: Mikrokontroler Arduino UNO [vlastní obrázek]

2.3 Mikrokontroler Atmega328P

Mikroprocesor Atmega328P je 8 - bitový mikroprocesor, který vyžaduje napájecí napětí mezi 1,8 a 5,5 V. Mikrořadič Atmega328P má 23 všeobecných vstupních i výstupních (I/O) portů. Používá tedy flash paměť, která procesoru umožňuje čtení i zápis dat v jeden okamžik. Tato paměť je libovolně programovatelná a má velikost 32 KB. Důležitou součástí mikročipu je A/D převodník s šesti kanály. A/D převodník slouží k převodu analogových vstupů na digitální výstupy. Využívaný A/D převodník je desetibitový, tedy vstupní napětí je rozděleno na 1024 částí. Po připojení měřeného napětí na jeden z analogových vstupů je hodnota toho napětí naměřena a jako výsledek se objeví číslo na stupnici od 0 do 1023, které danou velikost měřeného napětí symbolizuje. Nezbytnou součástí vybraného mikroprocesoru je časovač, součástka sloužící pro synchronizaci s vnějšími programy. Výkonová propustnost mikroprocesoru se blíží k 1 MIPS na 1 MHz. To znamená, že procesor zpracuje přibližně milion instrukcí za sekundu.



Obrázek 2.2: Mikrokontroler Atmega328P

3 Návrh výukové sady a testující struktury a uspořádání kostí

Výuková sada se skládá z modelů kostí, které se přikládají na základní desku plošných spojů (DPS), která je spojena s řídicím systémem. Spojení kostí a desky je realizováno pomocí vodivých magnetů. Řídicí systém se poté připojuje k počítači přes USB. Funkčnost řídicího systému je realizována. Na počítači je následně vyvinuta aplikace ve vývojovém prostředí Visual Studio v programovacím jazyce C#, která vyhodnocuje, zda jsou modely kostí přiloženy na správném místě.



Obrázek 3.1: *Blokové schéma výukové sady*

3.1 Návrh komponentů pro výukovou sadu

Na modelech kostí jsou umístěny malé desky plošných spojů. Na každé destičce je připájen SMD odpor, přičemž každá kost má určenou svou hodnotu odporu. Vodivý spoj a zároveň uchycení modelů kostí k základní desce je zaručen pomocí připájených drátků a magnetů. Pomocí různých hodnot odporů, přiřazených každému modelu kosti, pak řídicí systém rozpoznává, která kost, tedy jaká hodnota odporu, byla přiložena na základní desku.

V tabulce 1 lze vidět vypočtené hodnoty odporů použitých k realizaci výukové sady. V tabulce se nachází 27 hodnot odporů a to proto, že nejvyšší počet kostí je použitých u výukové sady s kostmi ruky, tedy právě 27 kostí. Výukové sady s kostmi chodidla, kostmi hrudního koše a s kostmi neurokranální části lebky obsahují již méně kostí než sada s kostmi ruky. Tabulka s hodnotami odporů je tedy navržena univerzálně pro všechny výukové sady. Tabulka je totiž vytvořena tak, aby se mohl použít i menší počet odporů, větší počet než 27 však nikoliv.

Odpory jsou vypočtené pomocí Ohmova zákona, podle vzorce (3.1). Ohmův zákon vyjadřuje přímou úměrnost mezi elektrickým proudem a elektrickým napětím. Při navrhování a výpočtů vhodných velikostí odporů je důležité brát v potaz, že napětí má být maximálně 5 V. Dalším kritériem je použití malé hodnoty proudu, aby byla co nejmenší spotřeba. Proto je pro výpočet zvolena hodnota proudu přibližně 5ms. Dále je podstatné zvolit maximální vhodný odpor tak, aby nevznikalo rušení. V tomto případě je zvolena maximální hodnota odporu 15kΩ. Je však zapotřebí brát ohled také na odpor převodníku, který činí 1000Ω. Proto nejvyšší hodnotou odporu v tabulce 1 je 14kΩ.

$$R = \frac{U}{I} [\Omega] \quad (3.1)$$

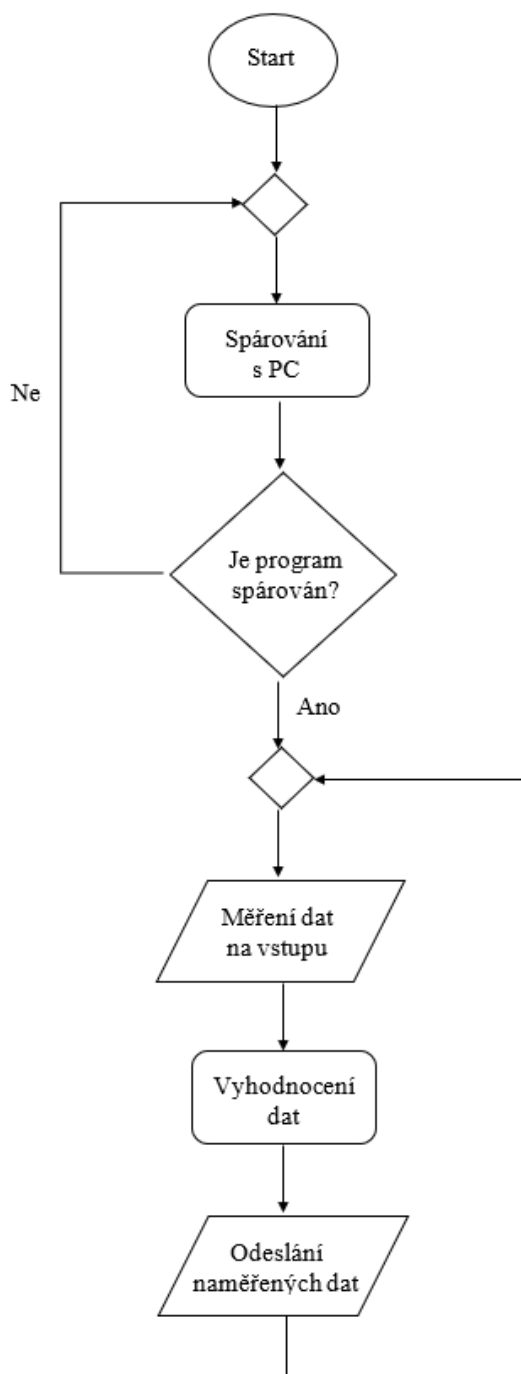
Tabulka 1: *Vypočtené hodnoty odporů*

Kost	U [V]	I [A]	R [Ω]
1	0,097656	0,004902	19,92032
2	0,273438	0,004727	57,85124
3	0,449219	0,004551	98,71245
4	0,625	0,004375	142,8571
5	0,800781	0,004199	190,6977
6	0,976563	0,004023	242,7184
7	1,152344	0,003848	299,4924
8	1,328125	0,003672	361,7021
9	1,503906	0,003496	430,1676
10	1,679688	0,00332	505,8824
11	1,855469	0,003145	590,0621
12	2,03125	0,002969	684,2105
13	2,207031	0,002793	790,2098
14	2,382813	0,002617	910,4478
15	2,558594	0,002441	1048
16	2,734375	0,002266	1206,897
17	2,910156	0,00209	1392,523
18	3,085938	0,001914	1612,245
19	3,261719	0,001738	1876,404
20	3,4375	0,001563	2200
21	3,613281	0,001387	2605,634
22	3,789063	0,001211	3129,032
23	3,964844	0,001035	3830,189
24	4,140625	0,000859	4818,182
25	4,316406	0,000684	6314,286
26	4,492188	0,000508	8846,154
27	4,667969	0,000332	14058,82

4 Návrh řídicího systému a propojení s aplikací na PC

4.1 Návrh řídicího systému

Flowchart, neboli vývojový diagram, je zobrazení algoritmů a procesů a to graficky. Flowchart se skládá z různých tvarů. Kosočtverce znázorňují rozhodnutí. V obdélnících jsou zapsány procesy. Zkosené obdélníky určují, že se jedná o vstupy či výstupy dat.

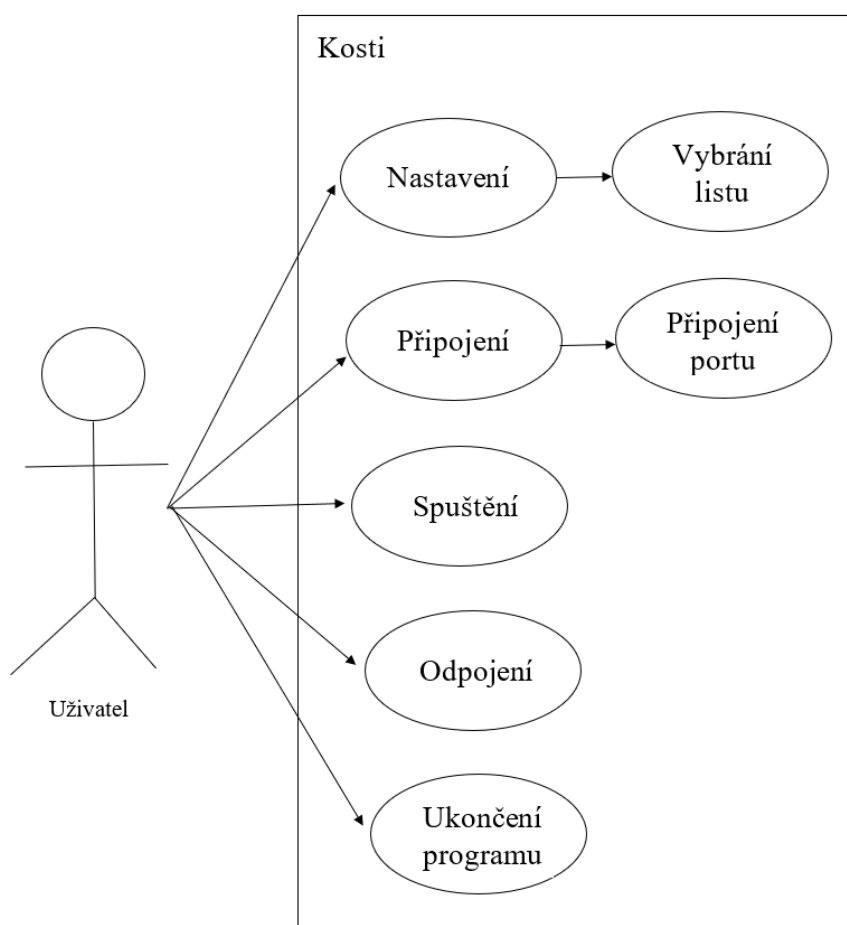


Obrázek 4.1: Vývojový diagram řídicího systému

Jak můžeme vidět ve vývojovém diagramu (Obrázek 4.1), řídicí systém nejprve čeká na informaci o spárování s aplikací v počítači. Po spárování s výukovou aplikací začne program, vytvořený v programovacím prostředí Arduino IDE, ihned měřit data připojená na vstup řídicí platformy. Následně program data vyhodnotí. Výstupem je odeslání dat do PC. Cyklus měření, vyhodnocování a odesílání dat se stále opakuje, dokud se spárování systému a aplikace nepřerušší.

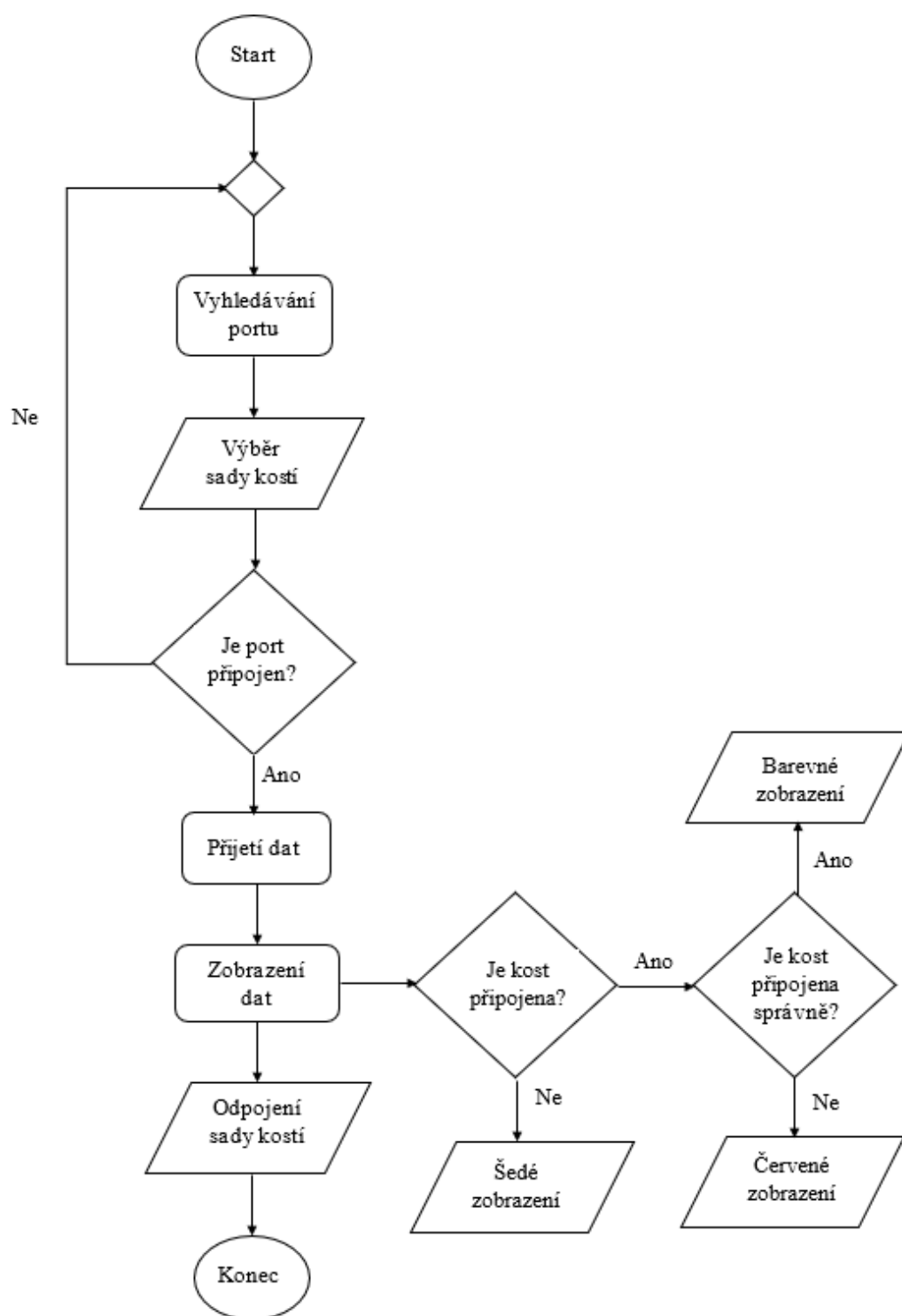
4.2 Návrh aplikace na PC

Use case diagram neboli diagram užití ukazuje, jak aplikaci vnímá aktér, tedy uživatel, který vyvinutou aplikaci využívá. Uživatel bývá označován často pod anglickým názvem actor, tedy aktér. Tento typ diagramu zobrazuje v podstatě to, co aplikace umí, nikoliv však to, jak pracuje. Diagram případů užití je vhodné navrhnout a vytvořit jako první, protože je důležité prvně určit, jakou funkčnost vyžadujeme od vytvářené aplikace.



Obrázek 4.2: Use case diagram aplikace na PC

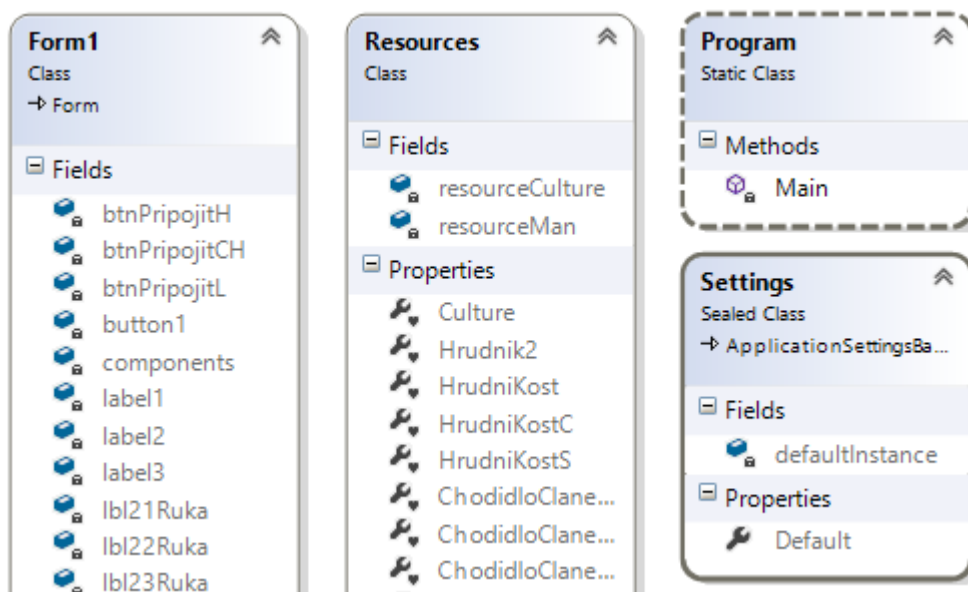
Diagram užití pro návrh aplikace vytvořené k výukové sadě lze vidět na obrázku 4.2. Uživatel má tedy možnost vybrat si a nastavit, kterou sadu kostí chce skládat, kterou chce, aby se mu zobrazila v aplikaci. Aktér si tedy vybere v seznamu listů danou část lidské kostry. Po připojení portu vybrané sady kostí k PC, spustí uživatel grafické zobrazení kostí. Dále má aktér možnost danou sadu odpojit a ukončit celý výukový program.



Obrázek 4.3: Vývojový diagram aplikace na PC

Vývojový diagram aplikace vytvořené ve Visual studiu můžeme vidět na obrázku 4.3. Po spuštění aplikace začne program ihned vyhledávat dostupné porty. Dále program načte data, od uživatele, tedy kterou část lidské kostry si uživatel nabídky vybral. Poté program vyhodnotí, zda byl port výukové sady

připojen. Pokud port připojen není, program vyhledává dostupné porty dále, pokud vyhledá připojený port, začíná přijímat data od řídicího systému. Následně tato přijatá data zobrazuje.



Obrázek 4.4: Class diagram aplikace na PC

Diagram tříd zobrazuje úplnou strukturu programu, tedy vše, co kód obsahuje. Popisuje statický model systému, struktury roztrídíuje do tříd a zobrazuje metody či vztahy mezi dílčími částmi programu. Visual Studio umožňuje automatické vygenerování Class diagramu. Část diagramu tříd výukové aplikace této bakalářské práce je vyobrazen na obrázku 4.4. Celý Class diagram zle vidět v příloze na CD, přiloženému k závěrečné práci.

4.3 Propojení řídicího systému s aplikací na PC

Spojení řídicího systému s počítačovou aplikací je zajištěno pomocí USB portu a komunikace mezi nimi probíhá přes sériovou linku.

4.3.1 Sériová linka

Jak již bylo zmíněno, komunikace mezi počítačem a řídicím systémem zařízení je zajištěna pomocí sériové linky. To znamená, že data jsou posílána sekvenčně po jednotlivých bitech. Díky vysílači Tx (Transmitted) a přijímači Rx (Received) data mohou chodit oběma směry najednou. Sériová linka funguje tak, že počítačový program si najde všechny dostupné, tedy připojené sériové porty. Postupně se zkouší na tyto porty připojit. Dále program vyšle požadavek na identifikaci, řídicí systém zařízení pak odpoví svým identifikačním kódem. Pokud je ID správné, zařízení se následně připojí.

Například, v případě této práce je ID 77 pro připojení výukové sady s kostmi chodidla, pokud se připojí řídicí systém zařízení se sadou pro sestavení chodidla, program rozpozná daný řídicí systém. Následně připojí modul chodidla a umožní vidět v aplikaci, jak jsou kosti skládány.

4.3.2 Realizace komunikace mezi řídicím systémem a aplikací v PC

Jak již bylo zmíněno, komunikace mezi řídicím systémem a aplikací je realizována pomocí sériové linky. V této kapitole jsou popsány části zdrojových kódů pro vytvoření spojení mezi aplikací a řídicím systémem. Celé zdrojové kódy veškerých programů jsou uvedeny v příloze na CD.

Prvním krokem při psaní kódu komunikace je zapsání proměnné datového typu boolean, který je určován pouze hodnotami true nebo false, nabývá tedy hodnot pouze 1 nebo 0. V programu pro řídicí systém (Obrázek 4.5) s datovým typem boolean začíná hodnotou false. Pro možnost odeslání dat, jako je například identifikace zařízení, se stav mění na hodnotu true.

```
boolean stav = false;
void setup()
{
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
    // put your main code here, to run repeatedly:
    prijem_dat();
    delay(100);
    if(stav == true)
        odeslani_dat();
}
void prijem_dat()
{
    #define IDENTIFIKACE 0
    #define ID_ZARIZENI 88
    #define START_ZNAK 100
```

Obrázek 4.5: Část kódu řídicího systému pro komunikaci

Dále je nastavena přenosová rychlost na 9600 bitů za sekundu. Stejná rychlost musí být nastavena jak v programu pro řídicí systém (Obrázek 4.5), tak i v programu aplikace (Obrázek 4.6). Dalším základním krokem ke správné komunikaci je nadefinování identifikačního čísla (ID zařízení), které musí být nadefinováno také v obou programech se stejnou hodnotou, aby program aplikace rozpoznal, které zařízení je připojeno. V tomto případě má ID hodnotu 88. Každý řídicí systém musí mít svůj originální identifikační kód, proto řídicí systém pro sadu s kostmi chodidla má ID 77, pro sadu s kostmi hrudního koše je ID 66 a pro sadu s kostmi lebky ID nabývá hodnoty 99. Startovací znak musí také mít stejnou hodnotu, tedy 100, v obou programech. Identifikační kód i startovací znak jsou datového typu byte, proto mohou nabývat hodnot v rozsahu od 0 do 255.

V programovacím kódu pro počítačovou aplikaci (Obrázek 4.6) je potřeba zapsat řetězec string, který v podstatě udává pole znaků a v tomto případě zjišťuje názvy dostupných portů. Následuje příkaz foreach, který prochází všechny prvky pole a zapisuje je do lokální proměnné, která je nazvána porty. Podmínka pro identifikaci portu má návratovou hodnotu true nebo false. Pole serialPort.Encoding

je používáno k převodu znakových řetězců a polí na bajty, které jsou posílány přes sériový port. Toto kódování se také používá pro čtení dat přijatých ze sériového portu, tedy pro konverzi bajtů přijatých sériovým portem na řetězce a znaková pole. Řádek `serialPortRuka.Open()`; otevírá nové sériové linky. Příkaz `serialPortRuka.DiscardInBuffer()`; odstraňuje data z vyrovnávací paměti. Příkaz `Thread.Sleep` pozastaví proces na určitou dobu, která se zapisuje do závorek za příkazem. Doba je určena v milisekundách, popisovaný program pozastaví proces na 1 sekundu.

```
Boolean pripojitRuka()
{
    string[] porty = SerialPort.GetPortNames();
    foreach (string port in porty)
    {
        if (identifikaceRuka(port) == true)
        {
            return true;
        }
    }
    return false;
}

string portRuky;

Boolean identifikaceRuka(string port)
{
    byte IDRuka = 88;
    try
    {
        serialPortRuka.Encoding = Encoding.GetEncoding(28591);
        serialPortRuka.BaudRate = 9600;
        serialPortRuka.PortName = port;
        serialPortRuka.Open();
        serialPortRuka.DiscardInBuffer();
        odeslaniDatIdentifikaceRuka();
        Thread.Sleep(1000);
    }
}
```

Obrázek 4.6: Část kódu aplikace pro komunikaci s řídicím systémem

```

void odeslaniDatIdentifikaceRuka()
{
    try
    {
        byte START_ZNAK = 100;
        byte CMD = 0;
        byte PO CET_DAT = 2;
        byte[] data = new byte[PO CET_DAT];
        data[0] = START_ZNAK;
        data[1] = CMD;
        serialPortRuka.Write(data, 0, PO CET_DAT);
    }
    catch
    {
        odpojeniRuky();
        MessageBox.Show("chyba odeslani", "Chyba", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
}

```

Obrázek 4.7: Odesílání dat identifikace řídicímu systému

Void je datový typ, který je v této části programovacího kódu použit (Obrázek 4.7). Tento datový typ nenavrací konkrétní hodnotu, ale jeho úkolem je vypsát výstupní parametry. Výstupním parametrem je například start znak. Je to lokální proměnná datového typu byte, která zabírá místo v paměti o velikosti 8 bitů. Jak už bylo zmíněno, celočíselný datový typ byte může nabývat hodnot od 0 do 255. Pro komunikaci mezi aplikací a řídicím systémem je zvolen startovací znak o hodnotě 100. Startovací znak může být stejný pro všechny řídicí systémy výukových sad, na rozdíl od identifikačních kódů. Další lokální proměnnou datového typu byte je CMD, která nabývá hodnoty 0. Lokální proměnná PO CET_DAT, která nese hodnotu z toho důvodu, že dále jsou vytvořeny proměnné data[0] a data[1], do kterých zapisujeme proměnné START_ZNAM a CMD.

```

byte CMD = Serial.read();
switch (CMD)
{
    case IDENTIFIKACE:    Serial.write(START_ZNAK);
                        Serial.write(ID_ZARIZENI);
                        stav = true;
                        break;

    default:
                        break;
}

```

Obrázek 4.8: Komunikace řídicího systému

Příkazový řádek CMD je vypsán v programovacím kódu pro operační systém (Obrázek 4.8) a s jeho pomocí systém komunikuje s aplikací. Příkaz Serial.read() čte příchozí sériová data. Switch case je příkaz. Hodnota proměnné v závorkách za switch, v tomto případě proměnná CMD, je porovnávána s hodnotami, které jsou zapsány za příkazem case (s proměnnou START_ZNAK a ID_ZARIZENI). Serial.write() před proměnnými zajišťuje zapsání dat do sériového portu. Default, jinak také přerušení, hlídá, aby program nespádl.

```
byte prijemIdentifikaceRuka()
{
    try
    {
        if (serialPortRuka.BytesToRead >= 2)
        {
            int START_ZNAK = 100;
            if (serialPortRuka.ReadChar() == START_ZNAK)
            {
                byte ID_zarizeni = Convert.ToByte(serialPortRuka.ReadChar());
                return ID_zarizeni;
            }
        }
    }
    catch
    {
        odpojeniRuky();
        MessageBox.Show("Chyba příjmu identifikace", "Chyba", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
    return 0;
}
```

Obrázek 4.9: *Příjem identifikačních dat od řídicího systému*

Kód pro příjem dat od řídicího systému je zapsán pomocí podmínky if (Obrázku 4.9). Metoda .BytesToRead získává informaci o počtu bajtů přijatých dat ve vyrovnávací paměti (buffer). Zatímco metoda .ReadChar čte vstupní znaky z vyrovnávací paměti sériového portu. Další použitou metodou v kódu je Convert.ToByte, která v tomto případě převádí hodnotu byte bez znaménka. Ta představuje typ char, který je objektu předán.

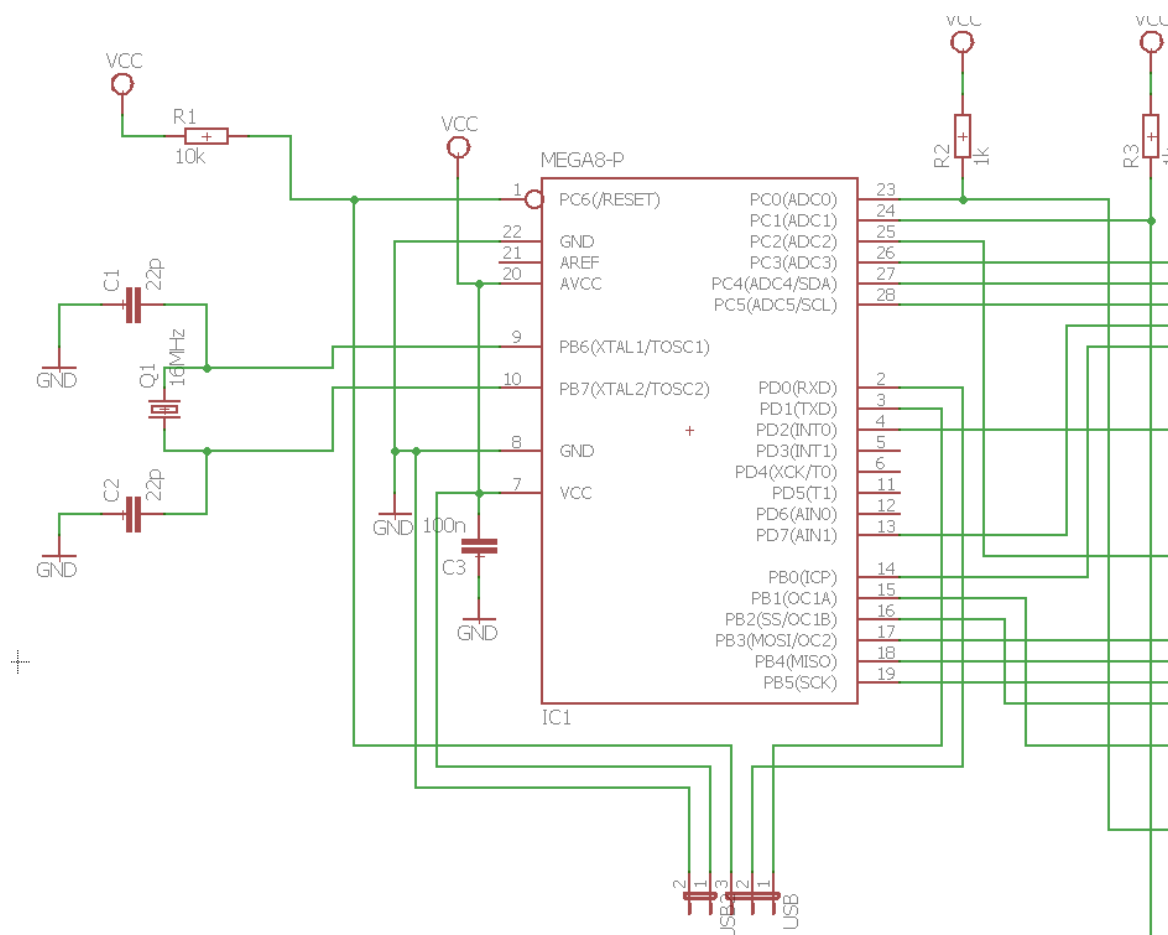
Případné chyby připojení portu jsou ošetřeny příkazy. Příkaz funguje tak, že pokud se nesplní příkaz try, nastane příkaz catch. V případě programu výukové aplikace je ošetření chyby řešeno například tak, že pokud se nesplní podmínka if a program přijme nesprávné identifikační údaje, port se nepřipojí. Následně díky příkazu chatch aplikace ohlásí chybu příjmu identifikace a vypíše ji na display.

5 Realizace výukové sady a jejího řízení pro testování znalostí

5.1 Realizace řídicího systému

5.2.1 Realizace hardwarové části řídicího systému

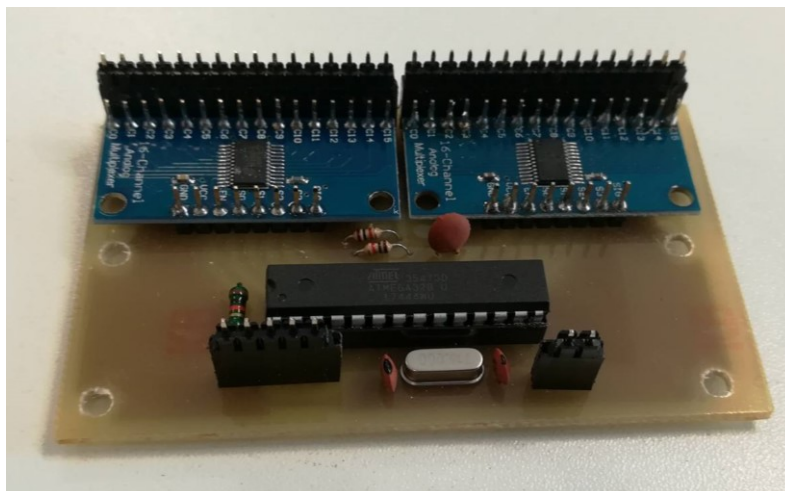
Realizace hardwarové části řídicího systému vyžaduje nejprve návrh schématu. Jeho část lze vidět na Obrázku 5.1. Celé schéma je přiloženo v příloze na CD. Dále je zapotřebí návrh desky plošných spojů. Hlavním komponentem pro vytvoření řídicího systému je mikrokontrolér Atmega328P, který je již popsán v teoretickém rozboru. Pro jeho správnou funkci je však potřeba připojení krystalu. Krystal dává procesoru impulsy, kdy má pracovat. Taktovací frekvence použitého krystalu je 16 MHz. Dalšími použitými součástkami jsou 2 kondenzátory o hodnotě 22 pF, které hlídají správnou funkci krystalu. Nachází se zde další kondenzátor o hodnotě 100 nF. Tento kondenzátor filtruje napájecí napětí procesoru. Ve schématu můžeme dále vidět odpor R1, který má velikost 10 k Ω a jehož funkce je přidržení resetu. Rezistory R2 a R3 o odporu 1 k Ω slouží jakou odporové děliče. Díky odporovému děliči tudíž protéká proud a tím zde vzniká i napětí měřené na výstupu.



Obrázek 5.1: Část schéma řídicího systému

Důležitými součástkami jsou analogové multiplexory pro rozšíření vstupních pinů. Typ multiplexoru, který je použit, je šestnácti kanálový. Počet pinů pro připojení k mikrokontroleru je 5. Hlavní čip

multiplexoru je CD74HC067. Napájecí napětí je od 1,2 do 6 voltů. Na obrázku 5.2 lze vidět vlastní vyrobený řídicí systém.



Obrázek 5.2: Řídicí systém

5.2.2 Realizace softwarové části řídicího systému

Program pro řízení řídicího systému je vytvořen ve vývojovém prostředí Arduino IDE. Programování ve vývojovém prostředí Arduino IDE je určené jak pro méně zkušené uživatele, tak i pro zkušené a pokročilé uživatele. Je možné i tímto zlehčeným programováním naprogramovat i složitá zařízení s využitím různých přídavných periférií s různými komunikacemi, například se sériovou komunikací s počítačem, která je využita v této práci. Vývojové prostředí Arduino IDE je určené přímo k programování. Vývojová platforma se pouze připojí k počítači za pomoci USB rozhraní. Dále stačí jen vybrat typ desky a komunikační port, tedy COM port. Čipy jsou programovány přes sériovou linku (piny RX a TX) díky vypálenému bootloaderu v čipech. Bootloader, nazýván také boot manager, je malá část kódu, ve kterém je umístěna informace o pozici operačního systému a po spuštění testuje, zdali se má vykonat nahraný program nebo má být čip přeprogramován. Programovací jazyk, který zde využíváme, vychází z upraveného jazyka C a jeho název je jazyk Wiring. Vývojové prostředí již obsahuje několik základních knihoven hned po nainstalování. [5]

Program přijímá a odesílá data s frekvencí 10 Hz. Po prvním spuštění čeká na informaci od programu počítačové aplikace o spárování. Potom co se spojí, procesor začíná měřit a odesílat data. Měří a přijímá data co 100 ms. Postupně měří všechny vstupy multiplexorů od 1. do 16. pinu a vyhodnotí, zda je na vstupu připojena nějaká hodnota odporů. Změřená data poté odesílá z řídicího systému do počítače.

```
#define analog_1 A0
#define analog_2 A1

byte mux1[] = {12, 11, 10, 9};
byte mux2[] = {A2, A3, A4, A5};
```

Obrázek 5.3: *Nadefinování analogových vstupů*

Nejdříve jsou nadefinovány analogové vstupy mikroprocesoru, na které jsou připojeny 2 multiplexory. Multiplexory jsou definovány pomocí datového typu byte a následně jsou do polí zapsány piny procesoru, ke kterým jsou multiplexory připojeny. (Obrázek 5.3)

```
byte test_kosti(byte analogovy_vstup)
{
#define tolerance 5
    byte kosti_hodnoty[] = {20, 505, 1876, 3830, 14058};
    int hodnota = analogRead(analogovy_vstup);
    for (int i = 0; i < sizeof(kosti_hodnoty); i++)
    {
        if ((hodnota > (kosti_hodnoty[i] - tolerance)) && (hodnota < (kosti_hodnoty[i] + tolerance)))
        {
            return i;
        }
    }
    return 255;
}
```

Obrázek 5.4: *Měření odporů*

V poli s názvem kosti_hodnoty jsou zapsány použité hodnoty odporů. Hodnoty odporů mohou mít toleranci $\pm 5\Omega$. Tolerance je definována pomocí #define tolerance 5. Pokud je na analogovém vstupu naměřená hodnota, program vyhodnotí, zda se shoduje s jedním ze zadaných hodnot odporů. Do vyhodnocování zahrnuje i zmiňovanou toleranci. Pokud na vstup není připojena žádná hodnota, program vrátí hodnotu 255. (Obrázek 5.4)

```
void odeslani_dat()
{
    Serial.write(START_ZNAK);
    byte kontrolni_soucet = 0;
    for (int i = 0; i < POCET_DAT_DO_PC; i++)
    {
        Serial.write(DATA_DO_PC[i]);
        kontrolni_soucet += DATA_DO_PC[i];
    }
    Serial.write(kontrolni_soucet);
}
```

Obrázek 5.5: *Odesílání dat z řídicího systému*

Příkaz `Serial.Write` určuje zapsání dat do sériového portu. Cyklus `for` říká, že dokud je hodnota proměnné `i` menší než hodnota proměnné `POCET_DAT_DO_PC`, bude se smyčka opakovat. Po každé interakci se hodnota zvýší o 1 (`i++`). Smyčka se tedy pokaždé zastaví, když hodnota `i` dosáhne odpovídající hodnotě proměnné `POCET_DAT_DO_PC`. Operátor `+=` znamená, že `kontrolni_soucet = kontrolni_soucet + DATA_DO_PC`. Výsledek dat poté opět zapíše do sériového portu. (Obrázek 5.5)

5.2 Realizace aplikace na PC

8.3.1 Realizace kódu

Výuková aplikace je vytvořena ve vývojovém prostředí Visual Studio s využitím programovacího jazyka C#. Visual Studio, vytvořené firmou Microsoft, je vhodné pro tvorbu aplikací s grafickým rozhraním a aplikacemi Windows Forms. Díky možnosti vytvářet právě aplikace s grafickým rozhraním, kterou Visual Studio nabízí, je výuková aplikace vytvořena v tomto vývojovém prostředí.

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if(pripojitRuka())
    {
        pictureBox4.Image = Properties.Resources.KontrolkaRukaPripojeno;
        pictureBox5.Image = Properties.Resources.ruka2;
        button1.Text = "Odpojit";
        timerPrijemDatRuka.Start();
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Ruka odpojena", "Chyba", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    }
}
```

Obrázek 5.6: Připojení pomocí tlačítka

Kód na obrázku (Obrázek 5.6), definuje funkci tlačítka. Podmínka `if` říká, že když se stiskne tlačítko a výuková sada bude připojena, zobrazí se grafické rozhraní dané výukové sady. Dále se pak text na tlačítku změní z „Připojit“ na „Odpojit“ a zobrazí se kontrolka připojení. Dále se zde nachází příkaz, který po připojení spustí timer. Timer udává, jak často aplikace přijímá a odesílá data. Stejně jako u řídicího systému probíhá příjem a odesílání dat každých 100ms. Dále podmínka určuje, že pokud výuková sada nebude k počítači připojena, aplikace vypíše upozornění, že sada je odpojena.

```

void odpojeniRuky()
{
    timerPrijemDatRuka.Stop();
    serialPortRuka.Close();
    pictureBox4.Image = Properties.Resources.KontrolkaRukaOdpojeno;
}

```

Obrázek 5.7: Odpojení výukové sady

Po odpojení výukové sady přestane aplikace přijímat data od řídicího systému. Aplikace také ukončí spojení s připojeným portem. Zároveň se zobrazí kontrolka odpojení. (Obrázek 5.7)

```

void zobrazDataRuka(byte[] data)
{
    if (data[1] == 101)
    {
        pictureBoxKost1Ruka.Image = Properties.Resources.RukaClanek1Palec;
        lblKost1Ruka.Visible = true;
    }
    else if (data[1] != 255)
    {
        pictureBoxKost1Ruka.Image = Properties.Resources.RukaClanek1PalecC;
        lblKost1Ruka.Visible = false;
    }
    else
    {
        pictureBoxKost1Ruka.Image = Properties.Resources.RukaClanek1PalecS;
        lblKost1Ruka.Visible = false;
    }
}

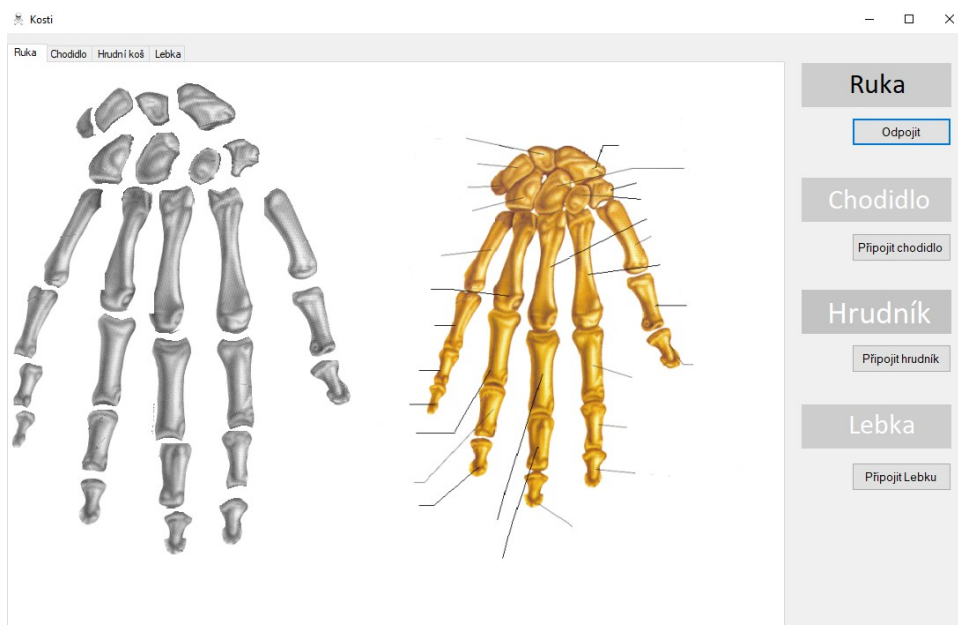
```

Obrázek 5.8: Zobrazování dat

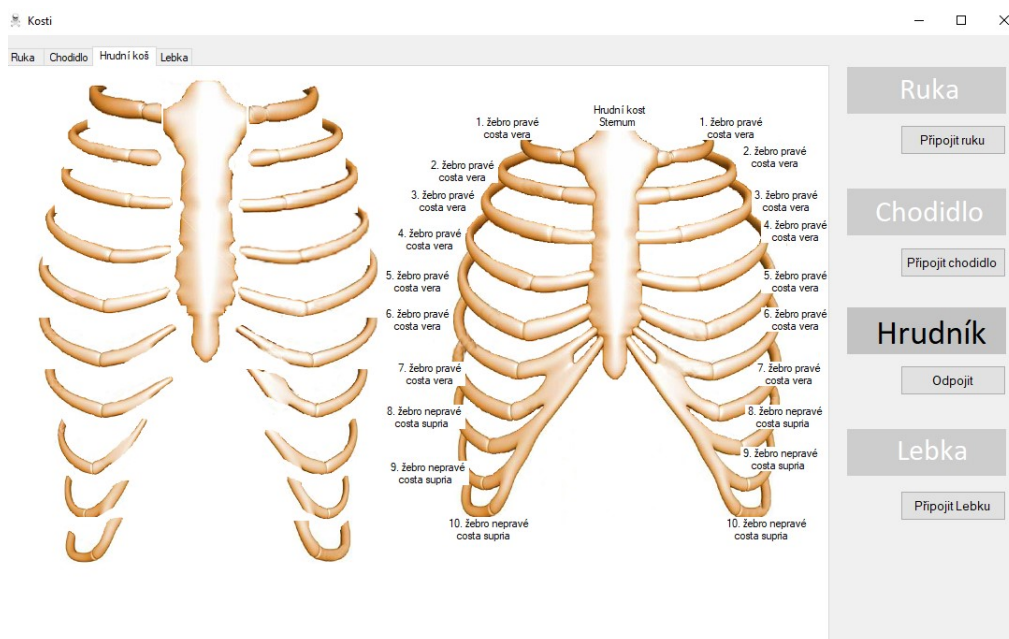
Aplikace zobrazuje obrázky jednotlivých kostí podle přijatých dat od řídicího systému. Podmínka určuje, že pokud řídicí systém vyšle správnou hodnotu dané kosti, zobrazí se obrázek barevně. V ukázkovém případě se vykreslí obrázek s názvem RukaClanek1Palec (Obrázek 5.8). Pokud však aplikace obdrží od řídicího systému data, která se nebudou rovnat hodnotě 255, zobrazí se červený obrázek kosti. Jinak se vykreslí kost šedě a to znamená, že žádná data nebyla přijata. Celý kód je v příloze na CD, které je k práci přiloženo.

8.3.2 Uživatelské rozhraní

Pokud uživatel připojí výukovou sadu a následně zmáčkne tlačítko připojit, systém vyhledá port a spojí se s řídicím systémem. Následně uživatel může skládat kosti vybrané výukové sady. Uživatelské rozhraní aplikace ukazuje, pomocí různých barev obrázků kostí, které kosti jsou připojeny a které nejsou. Popřípadě které kosti jsou přiloženy na nesprávném místě. Obrázek 5.9 zobrazuje situaci, kdy je připojen port výukové sady s kostmi ruky. Žádná kost však nebyla přiložena.

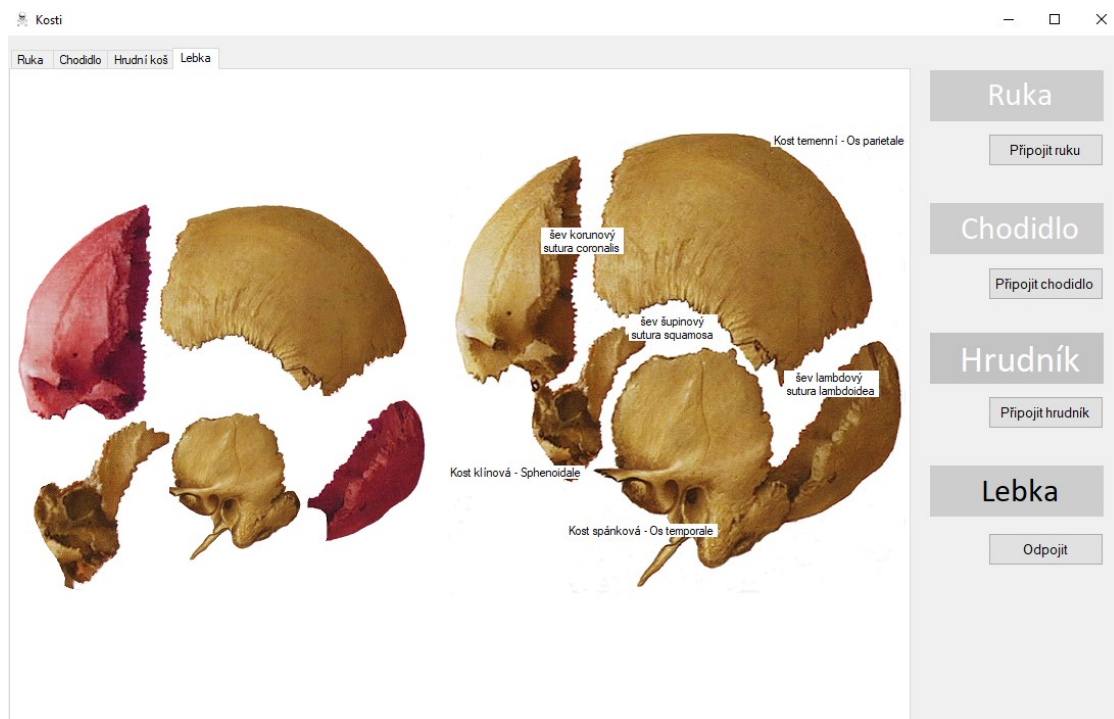


Obrázek 5.9: *Uživatelské rozhraní – port připojen, kosti nepřipojeny*



Obrázek 5.10: *Uživatelské rozhraní – přiloženy všechny kost*

Obrázek 5.10 vyobrazuje aplikaci, když je připojena výuková sada s kostmi hrudníku. Zároveň jsou všechny modely kostí poskládány správně na svém místě. Zároveň lze vidět, že když je kost správně přiložena, zobrazí se i její název česky i latinsky.

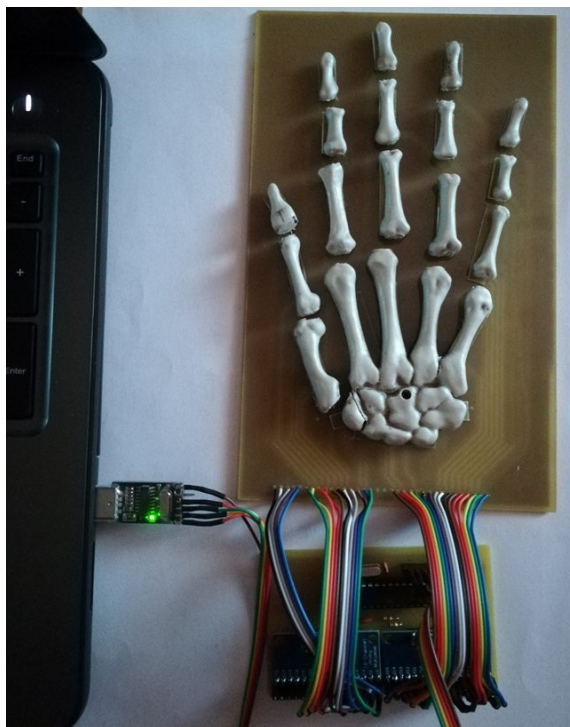


Obrázek 5.11: *Uživatelské rozhraní – kosti přiloženy na nesprávně*

Obrázek 5.11 zobrazuje připojenou sadu kostí lebky, přičemž 2 z kostí jsou přiloženy na nesprávném místě, proto jsou tyto kosti červené.

5.3 Realizace výukové sady

Obrázek 5.12 ukazuje již hotový výrobek výukové sady. Výuková sada se skládá z modelů kostí, základní desky plošných spojů, na kterou se kosti přikládají. Dále obsahuje řídicí systém a USB port připojený k PC.



Obrázek 5.12: *Výuková sada*

Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byla realizace výukové sady pro testování anatomických znalostí. Práce byla rozdělena na teoretickou a praktickou část. Další částí závěrečné práce jsou přílohy umístěné na konci této práce. První část práce se zabývala teoretickým rozбором anatomie kostí a teoretickým rozбором mikrokontrolerů. V prvním bodě teoretického rozboru byla popsána stavba kostí, poté se práce zaměřuje na jednotlivé vybrané části lidské kostry. Práce se zaměřila především na kosti horní končetiny, kosti chodidla, kosti hrudního koše a mozkovou část lebky. Z kostí horní končetiny byly popsány články prstů (phalanges), karpální a metakarpální kosti. U chodidla byly popsány opět články prstů, dále pak tarzální a metatarzální kosti. K hrudnímu koši patří rozbor sternu a dvanácti párů žebere. U lebečních kostí se práce zabývá zejména mozkovou částí lebky, tedy tou, která chrání mozek. Dále teoretický rozbor řeší problematiku mikrokontrolerů a periférií důležitých pro realizaci výukové sady. V druhé kapitole byl proto zařazen popis mikrokontrolerů a mikroprocesorů, které se staly inspirací pro praktickou realizaci řídicího systému.

Další část této bakalářské práce se zabývala samotným návrhem a sestavením výukové sady. Třetí a čtvrtá kapitola byla věnována návrhu výukové sady a realizaci spojení mezi řídicím systémem a aplikací v počítači. V těchto kapitolách bylo uvedeno blokové schéma výukové sady, či výpočty hodnot odporů, které byly použity při zhotovování modelů. Důležitou součástí návrhu výukové sady byly uvedené vývojové diagramy. Následná kapitola bakalářské práce byla zaměřena již na samotnou realizaci. Během sestavování řídicího systému výukové sady byly použity elektrické součástky jako mikroprocesor Atmega328P. Nedílnou součástí řídicího systému jsou další součástky jako kondenzátory a odpory. Potřebné pro vytvoření bylo použití multiplexorů pro rozšíření pinů. U realizace řídicího systému byl také uveden popis programového kódu pro správnou funkci systému. Rovněž práce detailně popsala výukovou aplikaci na PC, její vytvoření a funkčnost.

Výuka anatomie kostí je nedílnou součástí všech oborů, které se zaměřují na zdravotnictví jak na středních, tak vysokých školách. Výukový model, který jsem sestavila, může pomoci studentům s učením se této problematiky. Pro některé studenty bývá těžší učení se látky pouze z knížek a skript a je pro ně lepší, když si danou problematiku mohou odzkoušet i prakticky. To byl hlavní důvod pro vytvoření výukového modelu zaměřeného na anatomii kostí. Výuková sada má sloužit jako zpestření a pomoc při výuce.

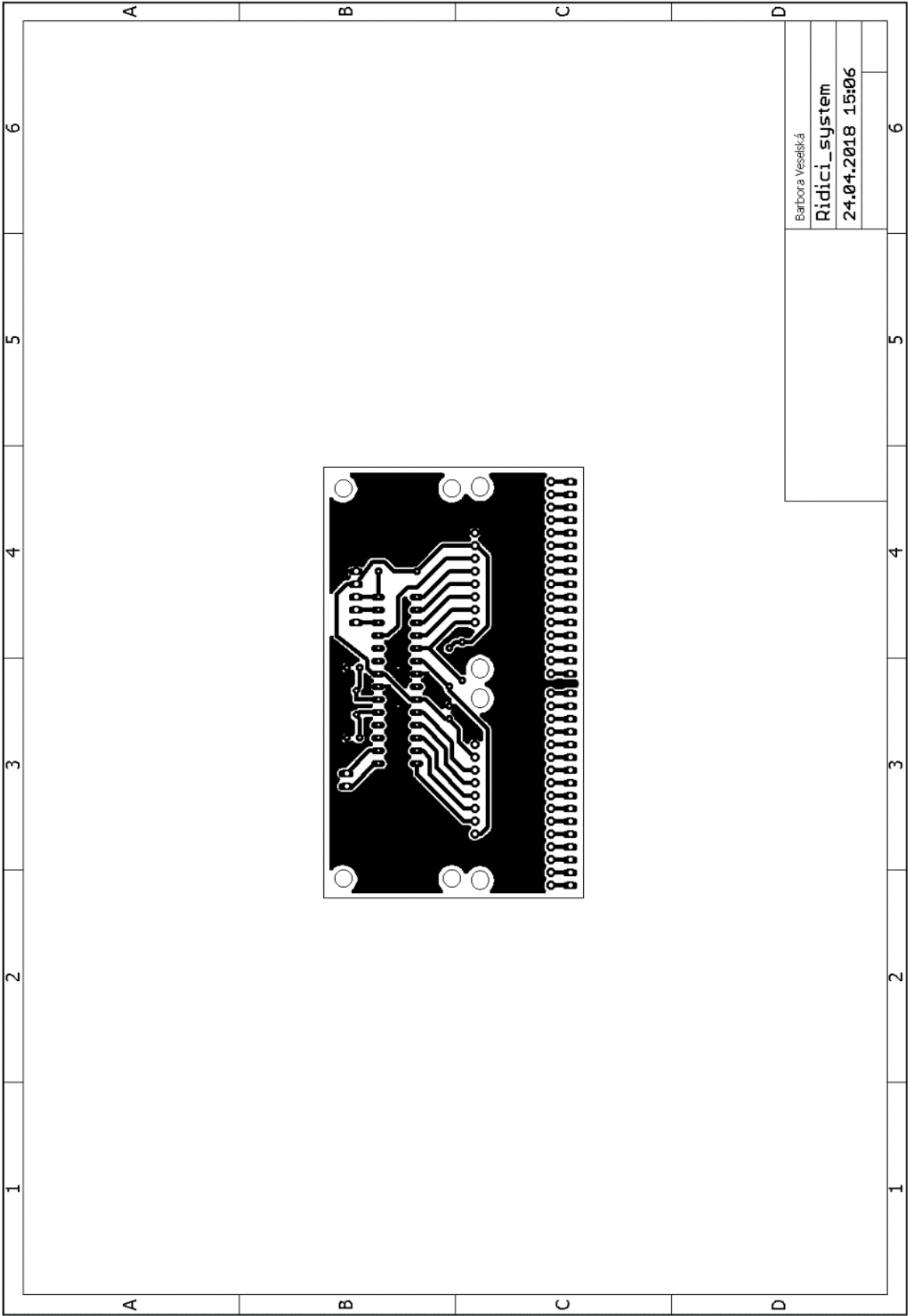
Citace

- [1] SINĚLNIKOV, R. D. *Atlas anatomie člověka (1. díl)*. 3. české vydání. Praha: Avicenum, zdravotnické nakladatelství, n. p., 1980, 468 s. 08 - 039 - 80.
- [2] Hrudní koš: Kostra hrudníku. In: *Vyuka.zsjarose.cz* [online]. Třebíč. Dostupné z: http://vyuka.zsjarose.cz/index.php?action=lesson_detail&id=373
- [3] Kostra lebky. In: *Vyuka.zsjarose.cz* [online]. Třebíč. Dostupné z: http://vyuka.zsjarose.cz/index.php?action=lesson_detail&id=374
- [4] Řez kostí. In: *Techmania.cz* [online]. Plzeň. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/811>
- [5] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
- [6] *Programování Microsoft Windows Forms v jazyce C#*, Charles Petzold, nakladatelství ComputerPress, rok vydání 2006, ISBN: 80-251-1058-3

Seznam příloh

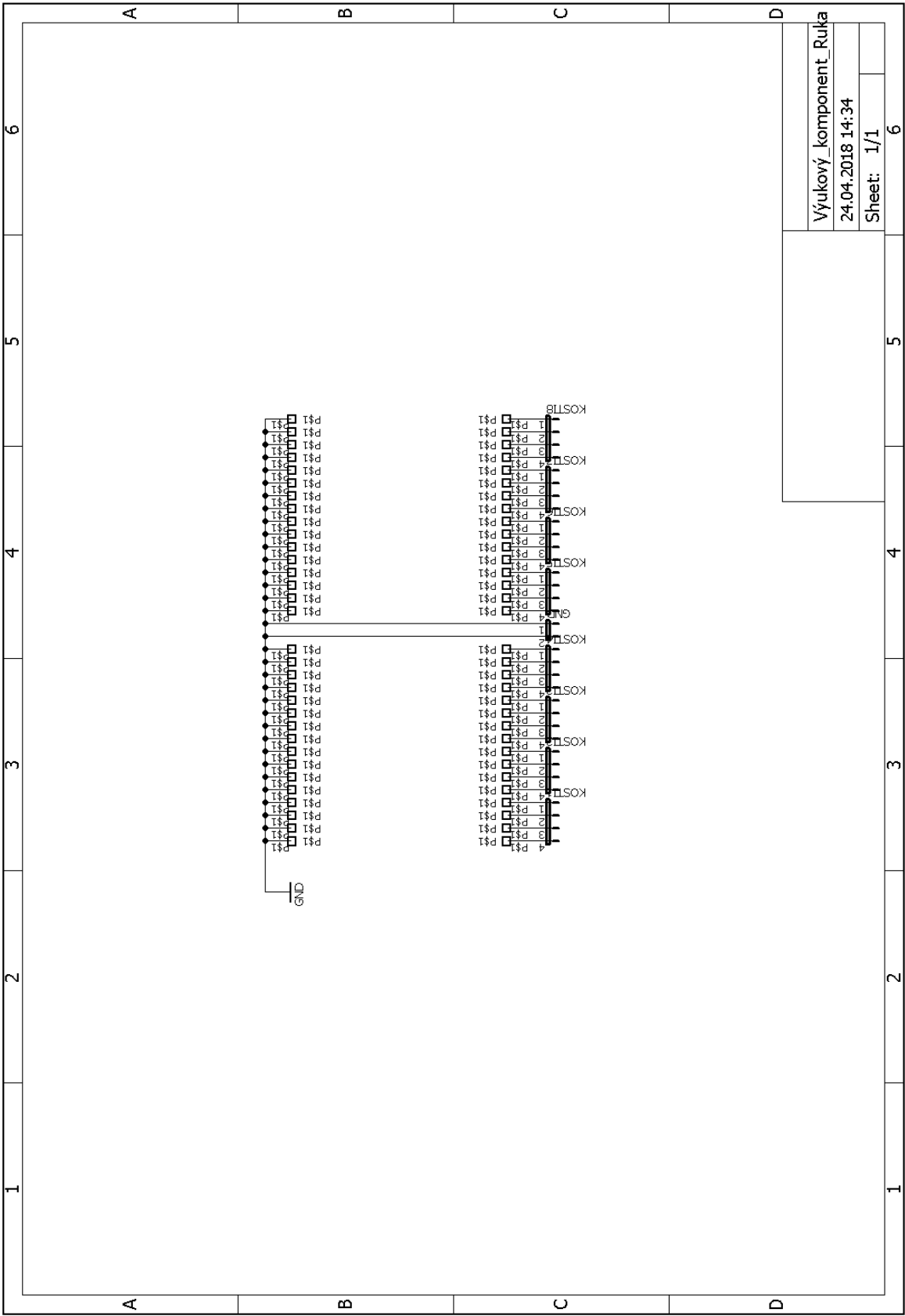
Příloha 1:	Návrh řídicího systému	- 2 -
Příloha 2:	Schéma základní desky na skládání kostí.....	- 3 -
Příloha 3:	Navržení základní desky pro skládání kostí ruky	- 4 -
Příloha 4:	DPS připojené k modelům kostí.....	- 5 -
Další přílohy na přiloženém CD.		

Příloha 1



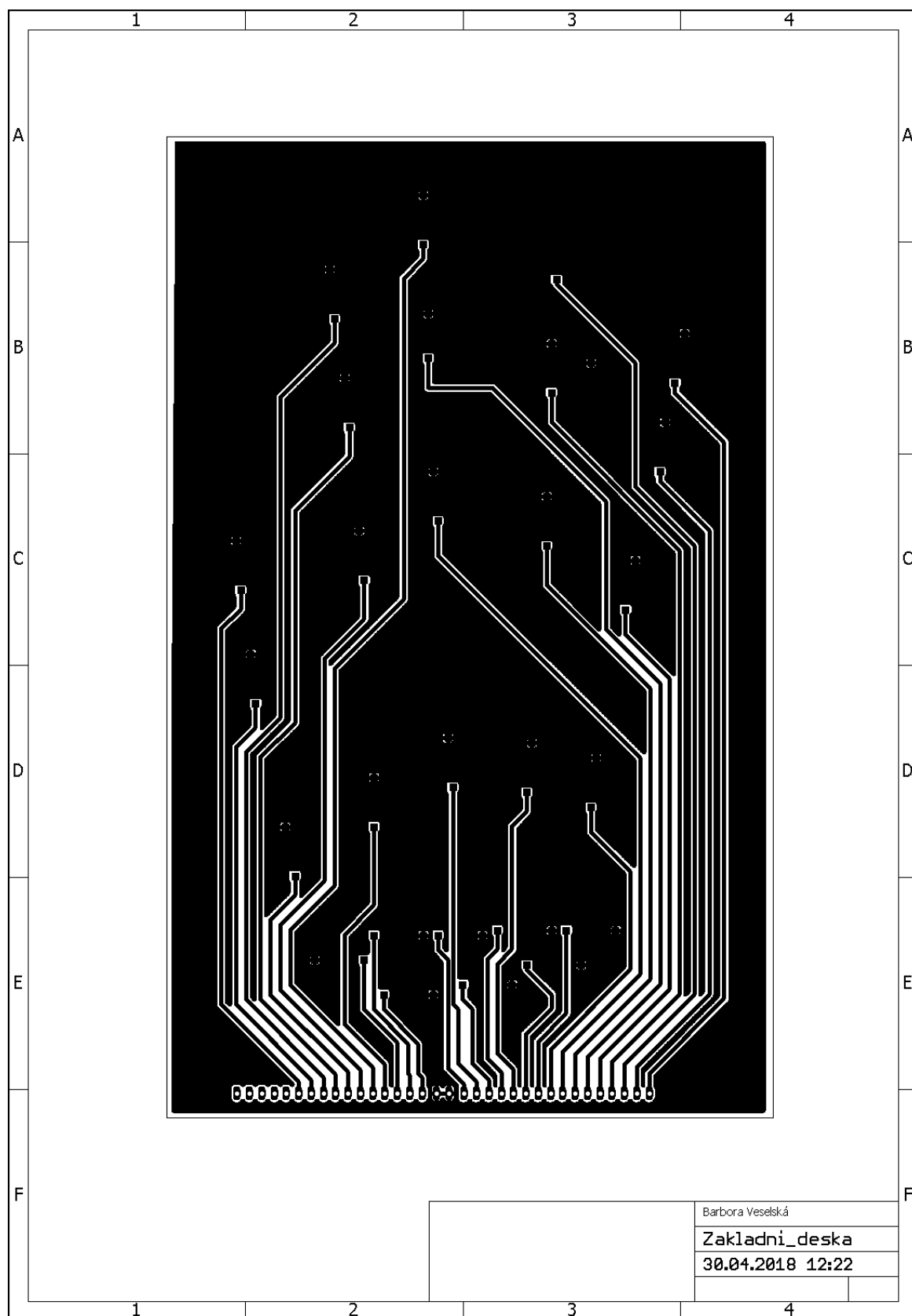
Příloha 1: *Návrh řídicího systému*

Příloha 2



Příloha 2: Schéma základní desky na skládání kostí

Příloha 3



Příloha 3: *Navržení základní desky pro skládání kostí ruky*

Příloha 4

	1	2	3	4
A				
B				
C				
D				
E				
F				

Příloha 4: *DPS připojené k modelům kostí*